農業水利施設の機能保全の手引き

「ポンプ場（ポンプ設備）」

平成２５年４月

（平成２７年２月正誤表対応版）

農林水産省農村振興局整備部設計課

目　　次

第１章　ポンプ設備の基本事項 1
１．１　ポンプ設備の特性を踏まえた取組 1
１．１．１　ポンプ場の構成要素 2
１．１．２　ポンプ設備の構成要素 5
１．１．３　ポンプ設備の特徴 8
１．２　ポンプ設備の性能管理 13
１．２．１　ポンプ設備の機能と性能 13
１．２．２　ポンプ設備の性能管理 16
１．３　ポンプ設備の機能保全 21
１．４　ポンプの性能低下 29
１．５　ポンプ設備の機能保全の流れ 36
第２章　機能診断調査 37
２．１　基本的事項 37
２．２　事前調査 39
２．３　現地踏査 49
２．４　現地調査 51
第３章　機能診断評価 56
３．１　機能診断評価の視点 56
３．２　設備・装置・部位の健全度評価 58
第４章　機能保全計画 61
４．１　機能保全計画の策定プロセス 61
４．２　性能低下予測 62
４．３　機能保全計画の策定 64
４．３．１　機能保全対策の検討に当たっての留意事項 65
４．３．２　点検・整備計画 67
４．３．３　関係機関との合意形成 71

用語集
参考文献

第１章　ポンプ設備の基本事項

１．１　ポンプ設備の特性を踏まえた取組

ポンプ設備の効率的な機能保全のために、機能保全の各プロセスにおいて、ポンプ設備特有の性質を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

【解説】

ポンプ場に設置される用水ポンプ設備は、揚水等の必要な場所において水需要に応じた用水量を受益地等の目的地まで効率的に送配水するために設置され、送配水及び用水量調節などの機能を担っている。また、排水ポンプ設備は、洪水時に備え安全に排水を行うため、あるいは常時排水が必要な地区において、内水位を低下させることにより、農地等を災害や湛水被害から守るために設置され、排水及び排水量調節などの機能を担っている。

このため、ポンプ設備の機能保全の実施に当たっては、これらの機能が十分に発揮されるよう取り組む必要がある。

ポンプ場は、吸込水槽、吐出し水槽、沈砂池等の「コンクリート施設」とポンプ室、操作室、電気室等の「建築施設（建屋）」及びポンプ設備、電気設備、水管理制御設備等の「施設機械設備」など、異なる機能を分担する施設・設備から構成される複合施設であり、これらの構成要素が有機的に結合して施設全体の機能を発揮している。また、ポンプ場を構成するポンプ設備も主ポンプ・主原動機・動力伝達装置・補機設備などの機器類や部品の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより機能を発揮している。

このため、ポンプ設備の性能管理や機能診断評価に当たっては、ポンプ設備を構成する装置や機器・部材、部品などの部位を個別に評価するとともに、これらの部位がポンプ設備全体に与える影響を考慮する必要がある。

ポンプ設備の効率的な機能保全のためには、これらの特性を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

１．１．１　ポンプ場の構成要素

> ポンプ場は、農地の用水改良又は排水改良の目的で設置するポンプ施設の総称で、異なる機能を有する施設・設備から構成される。これらの構成要素が所定の性能を発揮することによって施設の機能が確保されることから、ポンプ場の性能管理に当たっては、個々の施設の特徴や重要度、許容しうるリスク等の水準を考慮したうえで、施設・設備に応じた適切な性能管理を行うこととする。

【解説】

ポンプ場は、ポンプ設備などの「施設機械設備」を中心に、「コンクリート施設」や「建屋」などの異なる機能を有する複数の施設・設備から構成される。これらポンプ場の構成は、図1-1に示すように階層的なシステムのなかで有機的に結合してポンプ場の施設全体としての機能を発揮している。本手引きは「ポンプ設備」を対象とし、それ以外の施設・設備については、関連する工種の機能保全の手引き等を参照して的確な性能管理を行う。

- ポンプ場
  - 取水口
  - 導水路
  - 沈砂池（遊水池）
  - **ポンプ設備** ―― ※詳細は図1-6参照
  - 吸込水槽及び吐出し水槽
    - 吸込水槽
    - 吐出し水槽
    - 基礎工
  - 建　屋
    - ポンプ室
    - 操作室
    - 電気室
    - 管理室等
  - 附帯設備
    - 水門設備
    - 除じん設備
    - クレーン設備
    - 換気設備
    - 屋内排水設備
  - 送水路
  - 吐出樋門（樋管を含む）
  - 管理設備

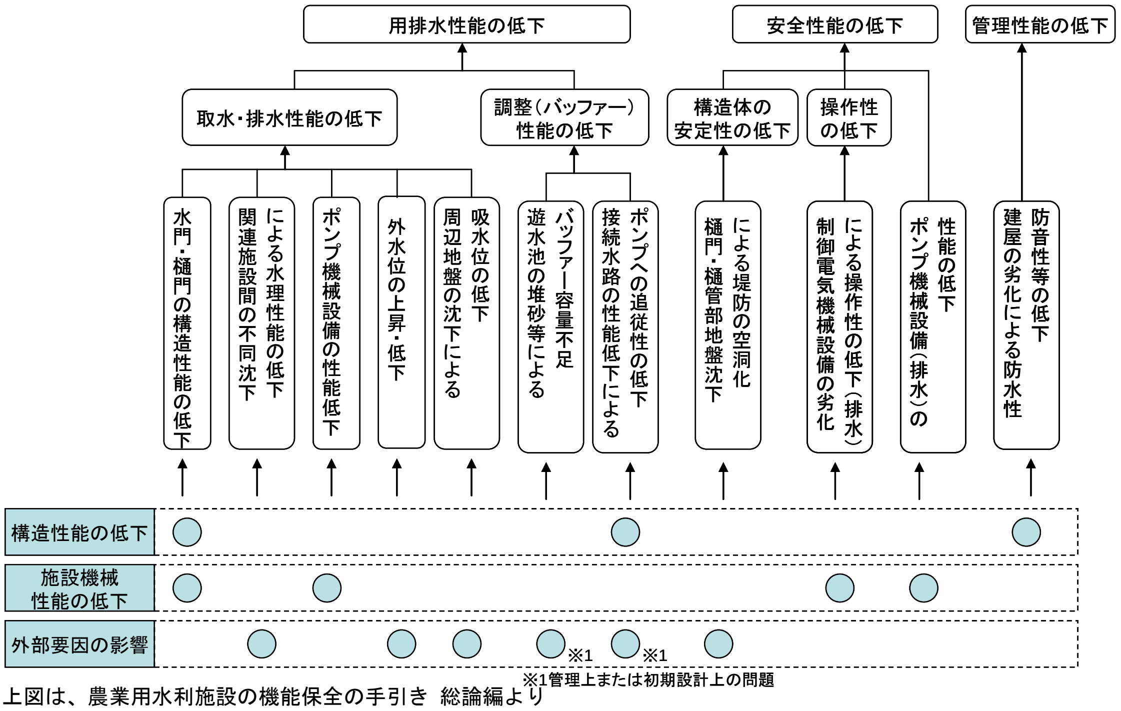
図1-1　ポンプ場の構成

参考として、ポンプ場の機能を維持するために、ポンプ設備を除く主要な施設の性能確認項目と準用すべき図書を表1-1に、ポンプ場の性能低下のメカニズムを図1-2に示す。

表1-1 主要な施設・設備の性能確認項目及び準用図書

施設・設備名	性能確認項目	準用図書	備　考
導水路	・堆砂 ・漏水、ひび割れ ・不同沈下	農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」又は「パイプライン」	
吸込水槽 吐出し水槽	・地盤の沈下 ・堆砂、水位※1 ・漏水、ひび割れ	農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」	
建屋	・床面の沈下、傾斜 ・壁面のひび割れ ・柱、梁、筋交いの亀裂、変形、損傷、腐食 ・屋根のひび割れ、反り	農業水利施設の機能保全の手引き及び国家機関の建築物等の保全に関する基準の実施に係る要領※2	
附帯設備 （水門設備、除塵設備）	・変形、摩耗、腐食 ・振動、異音 ・堆砂	農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」	
取水口 沈砂池 吐出し樋門	・欠損、ひび割れ ・堆砂	農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」	
送水路	・振動、異音 ・亀裂、破損 ・不同沈下	農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」	
ポンプ設備のうち 監視設備、電気設備	・計器表示、作動状況 ・振動、異音 ・絶縁状態 ・予備品保有状況	農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き	

※1：吸込水槽及び吐出し水槽の水位
※2：建築構造別の確認部位、判断基準を規定（国土交通省大臣官房官庁営繕部長「国家機関の建築物等の保全に関する基準の実施に係る要領」　最終改正　平成２２年３月３１日　国営管第482号　国営保第30号）



上図は、農業用水利施設の機能保全の手引き 総論編より

図1-2 ポンプ場の性能低下のメカニズム（模式図）

一般的なポンプ場（用水及び排水）の構成例を**図1-3**及び**図1-4**に示す。

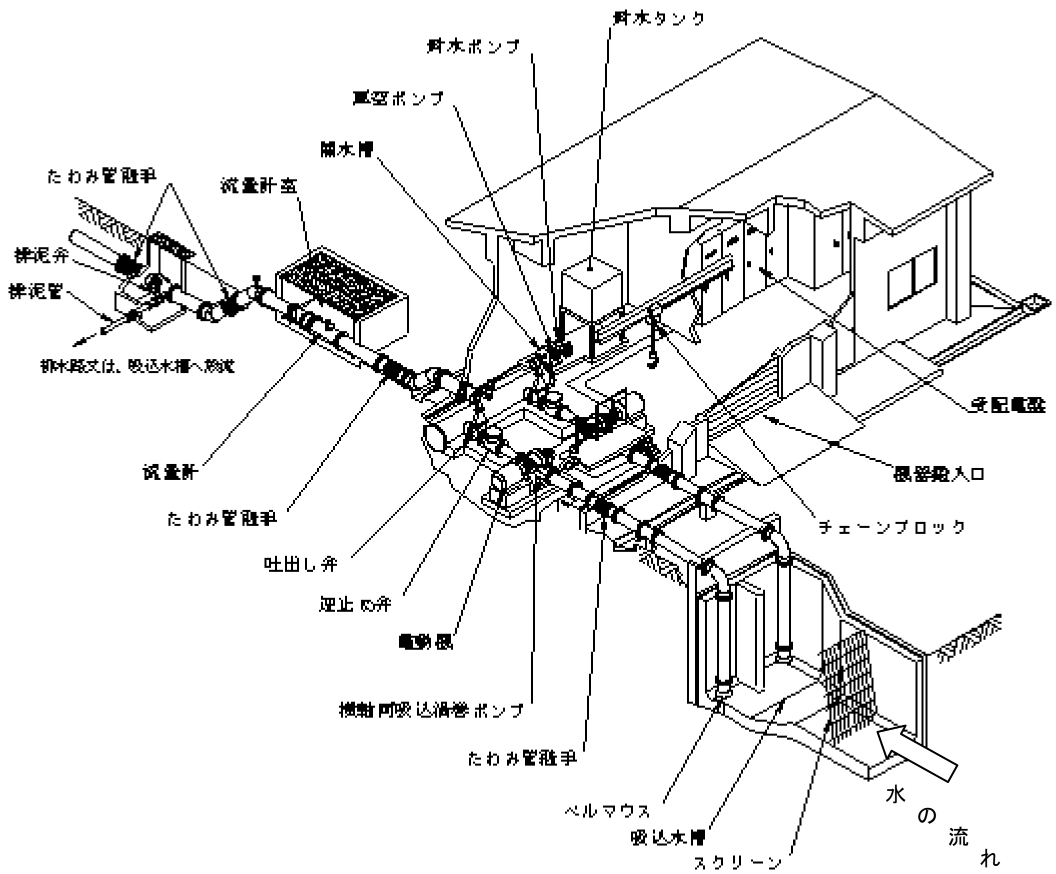


図1-3　ポンプ場（用水・横軸両吸込渦巻ポンプ）の構成例

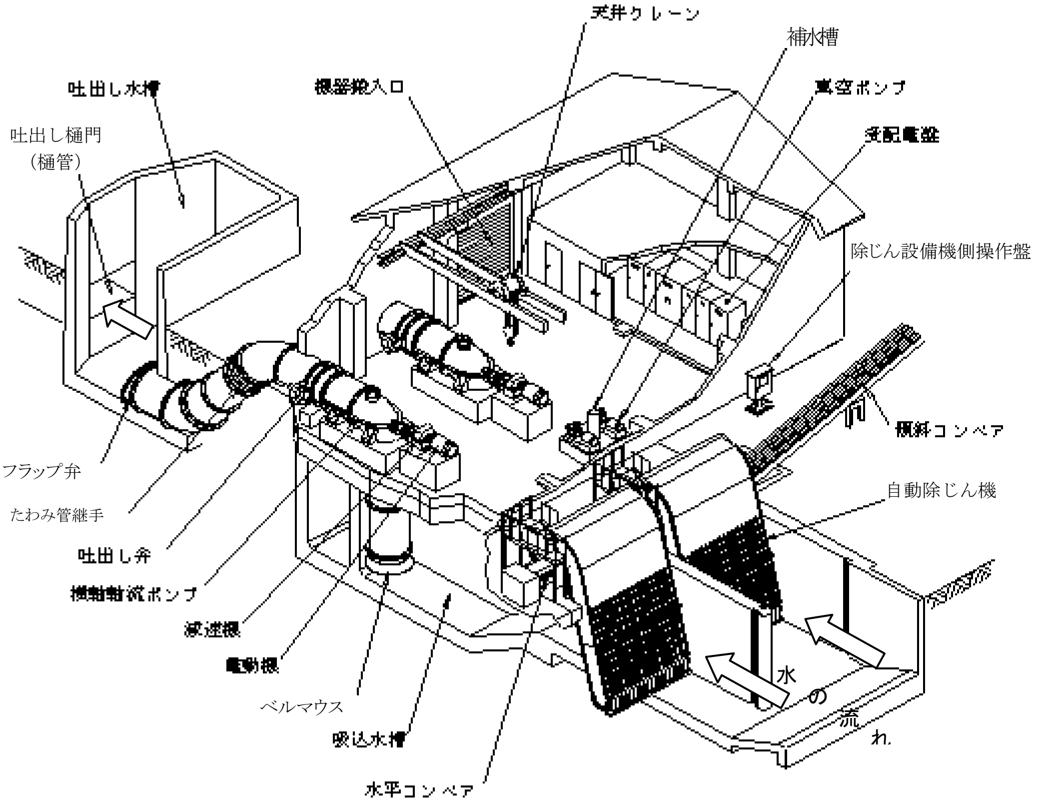


図1-4　ポンプ場（排水・横軸軸流ポンプ）の構成例

１．１．２　ポンプ設備の構成要素

ポンプ設備は、主ポンプ・主原動機・動力伝達装置・補機設備などの装置及びこれらを構成する機器・部材、部品の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより、設備全体として機能を発揮している。このため階層的なシステムの特徴を踏まえ、系統的に構成要素の整理を行う必要がある。

【解説】

ポンプ設備では、設備の構成要素となる装置、機器・部材、部品について図1-5、表1-2に示すように系統的に整理を行うこととし、これら設備の機能診断評価の基本単位は、機器・部材、部品レベルを対象とする。

ポンプ設備は、主ポンプの他、動力を供給する主原動機・動力伝達装置、用排水を送水する管路・弁類及び運転に必要な冷却水などを供給する補機設備から構成されており、形式によって構成機器・部材が異なる。一般的な形式を図1-6に示す。

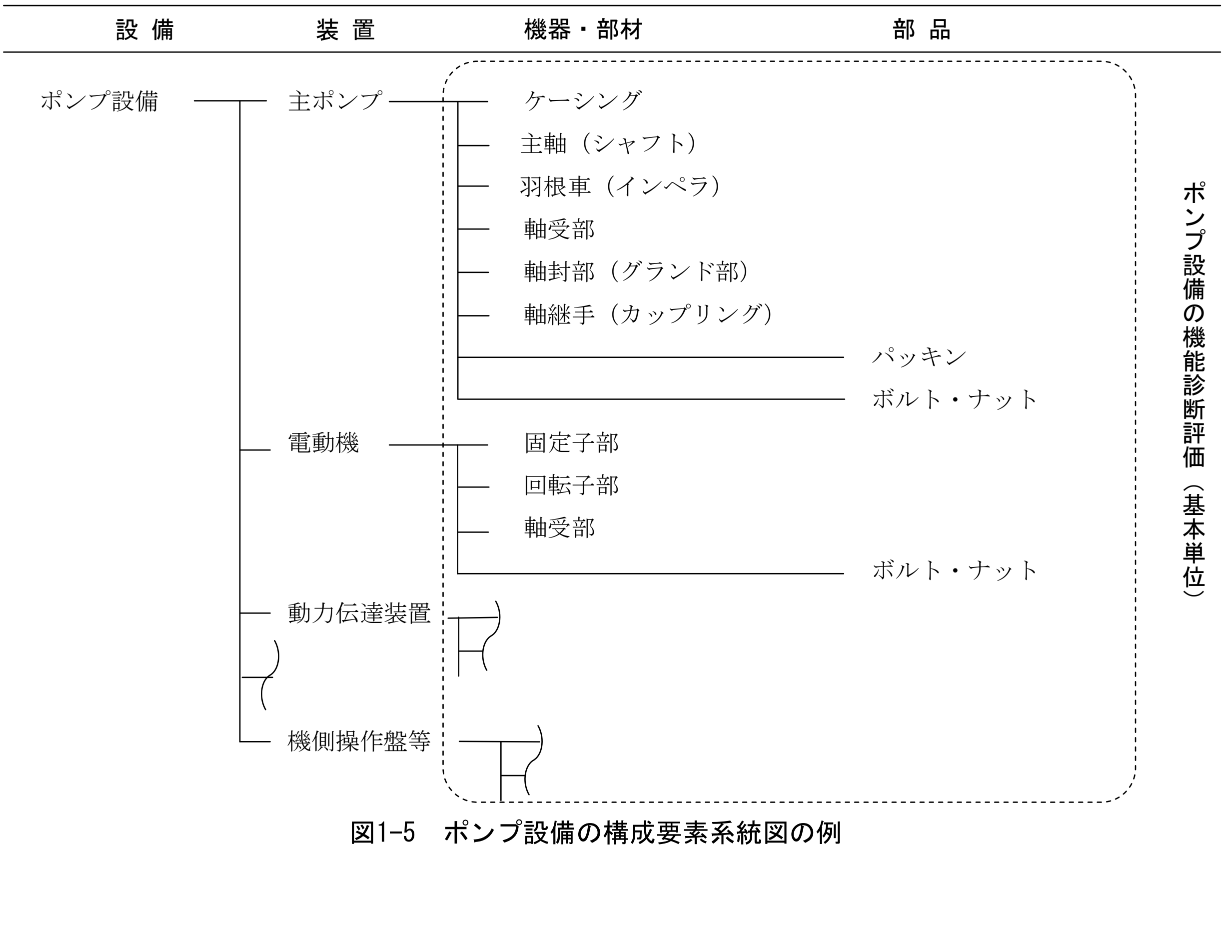


図1-5　ポンプ設備の構成要素系統図の例

表1-2　ポンプ設備の階層による区分

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">階層区分</th><th colspan="2">ポンプ設備</th></tr>
<tr><th>設備等の内訳</th><th>主な対策方法</th></tr>
<tr><td colspan="2">施　設</td><td>用水機場、排水機場</td><td>補修</td></tr>
<tr><td colspan="2">設　備</td><td>ポンプ設備、運転管理設備、除塵設備等</td><td>修理、更新</td></tr>
<tr><td colspan="2">装　置</td><td>主ポンプ、主原動機、動力伝達装置、吸込管及び吐出し管、
弁類（仕切弁、逆止め弁、フラップ弁）、
補機設備（給水系統、満水系統、燃料系統、始動系統、潤滑油系統）、機側操作盤等</td><td>修理、更新</td></tr>
<tr><td rowspan="2">部
位</td><td>機器・
部材</td><td>主ポンプ関係（ケーシング、インペラ、主軸、軸受等）
電動機関係（回転子、固定子、軸受等）
内燃機関関係（ピストン、クランク軸、軸受等）
弁類関係（弁箱、弁体、弁軸、弁座等）
給水系統補機関係（取水ポンプ、冷却水ポンプ、管内クーラ、封水ポンプ、潤滑水ポンプ、高架水槽、膨張タンク、オートストレーナ等）
満水系統補機関係（真空ポンプ、補水槽等）
燃料系統補機関係（燃料移送ポンプ、燃料小出槽、燃料貯油槽等）
始動系統補機関係（空気圧縮機、始動空気槽等）
潤滑油系統補機関係（潤滑油冷却器、給油ポンプ等）</td><td>修理、交換</td></tr>
<tr><td>部　品</td><td>ボルト、ナット、パッキン等</td><td>交換</td></tr>
</table>

- ポンプ設備
  - 主ポンプ
    - 横軸片吸込（又は両吸込）渦巻ポンプ
    - 立軸片吸込渦巻ポンプ
    - 横軸軸流（又は斜流）ポンプ
    - 立軸軸流（又は斜流）ポンプ
    - チューブラポンプ
  - 主原動機
    - 横軸（又は立軸）かご形三相誘導電動機
    - 横軸（又は立軸）巻線形三相誘導電動機
      同上用カム形始動器
      同上用抵抗器
    - ディーゼル機関
    - ガスタービン
  - 動力伝達装置
    - 平行軸歯車減速機
    - 遊星歯車減速機
    - 直交軸傘歯車減速機
    - 複合型直交軸歯車減速機
  - 吸込管及び吐出し管
  - 弁類
    - 電動仕切弁（又は電動バタフライ弁）
    - 逆止め弁
    - フラップ弁
  - 補機設備
    - 給水系統：取水ポンプ、冷却水ポンプ、管内クーラ、封水ポンプ、潤滑水ポンプ、高架水槽、膨張タンク、オートストレーナ
    - 満水系統：真空ポンプ、補水槽
    - 燃料系統：燃料移送ポンプ、燃料小出槽、燃料貯油槽
    - 始動系統：空気圧縮機、始動空気槽
    - 潤滑油系統：潤滑油冷却器、給油ポンプ
  - 機側操作盤
  - 監視操作制御設備及び電気設備（本手引き対象外）

図1-6　ポンプ設備の一般的な装置と機器・部材の例

１．１．３　ポンプ設備の特徴

> **ポンプ設備を構成する機器・部材、部品は、水質や流下物等の周辺環境、設備の使用状況などにより特徴的な劣化を示すので、これらの特徴を理解するとともに、設備の構造上重要な部位に注意を払いながら、合理的かつ適切な機能保全の検討を行う必要がある。**
> **また、ポンプ設備において、合理的な機能保全を行ううえで施設造成者は、施設管理者と連携を図ることが重要である。**

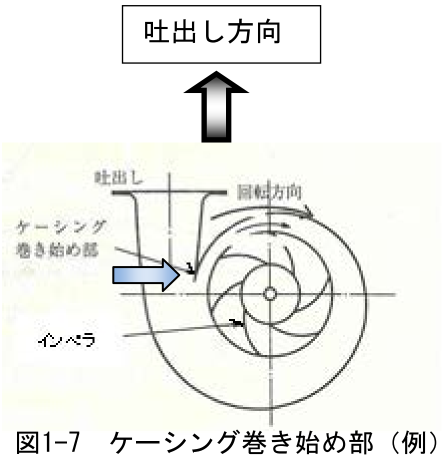
【解説】

ポンプ設備の機能には、用排水機能や用排水量調節機能がある。これらの機能を十分に発揮させるためには、ポンプ設備を構成する機器・部材、部品における、変形、損傷、摩耗などについて性能管理を行うことが重要であり、定期的な機能診断を行う必要がある。

ポンプ設備の機能診断において特に留意しなければならない診断項目は、軸受（ベアリング）部分であり、異常な振動、温度上昇などを見過ごすと、軸受のみならず、軸受故障により、インペラの回転ブレを引き起こし、それがポンプケーシングなどの損傷につながる。ケーシングが損傷を受けると全ての設備を更新しなければならない状態になるおそれがあるため、状態監視保全などの予防保全が必要である。また、軸受は他の部位の損傷などに原因がある場合でも、その結果が軸受の発熱や振動となって現れるため、異常な兆候を発見した場合は、早めの対策が必要である。

軸受にセラミックス軸受を使用している場合（特に横軸ポンプ）は事前に不具合の兆候を発見することが困難なため、定期的な交換による時間計画保全が必要である。なお、交換するポンプの部品の製作には長い期間を要するため注意が必要である。（例えば、セラミックス軸受の製作期間は、3ヶ月間程度。）

ケーシングは、機能に支障が出るような亀裂等の損傷が発生しても補修できないうえ、インペラと主軸をセットで精度調整を行っている関係上、ケーシングのみの取り替えができないことから、主ポンプ全体を更新するなどの対策が必要となる。なお、渦巻きケーシング巻き始め部などは、水流による損傷を起こしやすい箇所であるため、留意する必要がある。



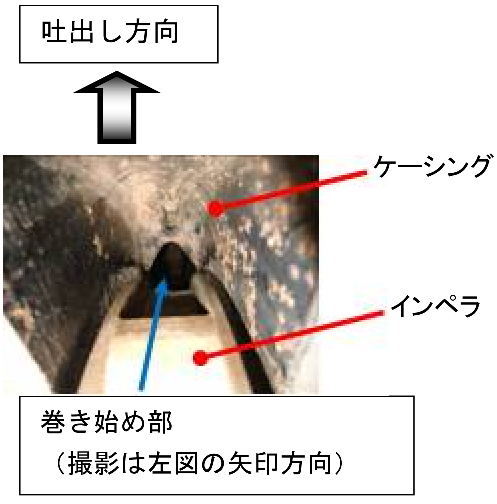


図1-7　ケーシング巻き始め部（例）

軸継手（カップリング）部の芯ぶれや面ぶれなどもそのまま放っておくと、原動機やポンプ軸受部に影響が及ぶ場合もあるため、定期的な計測が必要である。

ポンプ設備では、必要な量を必要な揚程まで送水する機能を発揮できなくなる状態を防ぐため、締切運転により、全揚程の低下状態を確認する方法や、圧力計あるいは真空計（吐出し圧―吸込圧＝全揚程）や流量計を用いたＱ－Ｈ曲線及びポンプ効率等について、設計時との比較を行うことにより性能低下状況を把握する方法がある。一方で、これらの方法については評価に技術を要するので、まずは、施設管理者に対する聞き取りや電動機の回転速度、電力消費量、圧力計、吐出し量等から性能低下状況を把握するとよい。（※高Ｎｓ斜流ポンプや軸流ポンプでは軸動力が原動機出力より大きくなるため、締切運転はできない。また、水中軸受にセラミックスを使用している横軸あるいは立軸ポンプでは、軸受の破損を防ぐために、ポンプの性能を確認するための締切運転は行なわないこと。）

Ｑ－Ｈ曲線やポンプ効率等の低下は、主ポンプのケーシングとインペラの隙間が、摩耗、損傷等で増大することに起因すると考えられる。

通常、ケーシング（インペラ側にも設置していることもあり）には、ライナリングなどの代替摩耗部品が設置されているため、オーバーホールなどにより、定期的に摩耗状態などを確認する必要がある。

また、通常の管理において、電力量や用排水量に明らかな兆候が現れている場合も早めの対策が必要である。

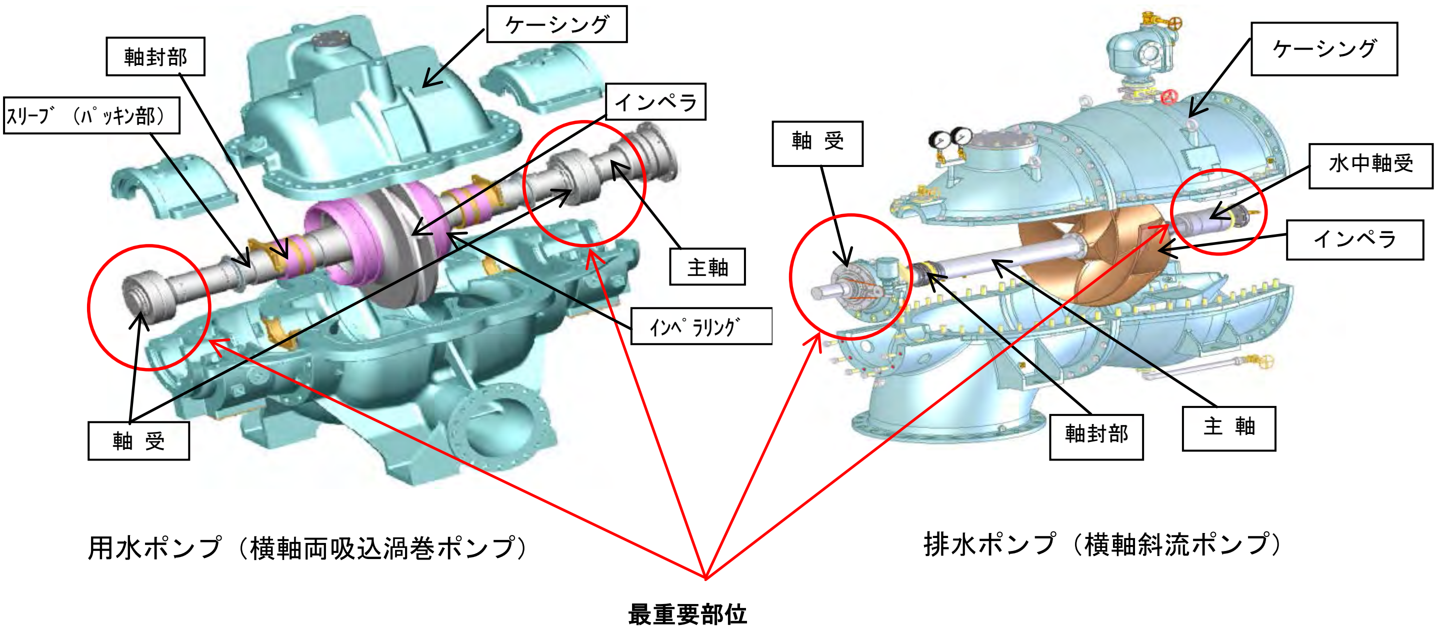


図1-8 ポンプの構造例

【参考】ポンプ設備の性能低下の確認例

ポンプ設備の性能低下に関しては、用水ポンプ設備における全揚程及び吐出し量の低下の原因が、パイプラインの性能低下によるものか、ポンプ設備の性能低下によるものか、原因を特定する必要がある。以下の方法にてポンプ設備及びパイプラインの性能低下の概要を把握するものとする。

（ポンプ設備の性能低下の確認）

ポンプ設備の性能低下の把握を現場で行う場合は、以下の手順でポンプ性能を計測する。

確認方法（図1-9参照）

（１）ポンプのＱ-Ｈ曲線（吐出し量；Ｑ、全揚程；Ｈ）を作成するため、設計点Q_Dを含めて５点（JIS規定）を計測する。

（２）吐出し弁の開閉により流量を調整し、流量計の目盛りを読み取る。

①点　締切点（Ｑ=0m^3/min）の全揚程の測定

②点　設計点吐出し量Q_Dの1/3近傍の全揚程の測定

③点　設計点吐出し量Q_Dの2/3近傍の全揚程の測定

④点　設計点吐出し量Q_D近傍の全揚程の測定

⑤点　吐出し量が設計点Q_Dと弁開度が全開近傍時の$Q_{全開}$の中間点の全揚程の測定
（軸動力が過負荷にならないことを確認しながら測定する。）

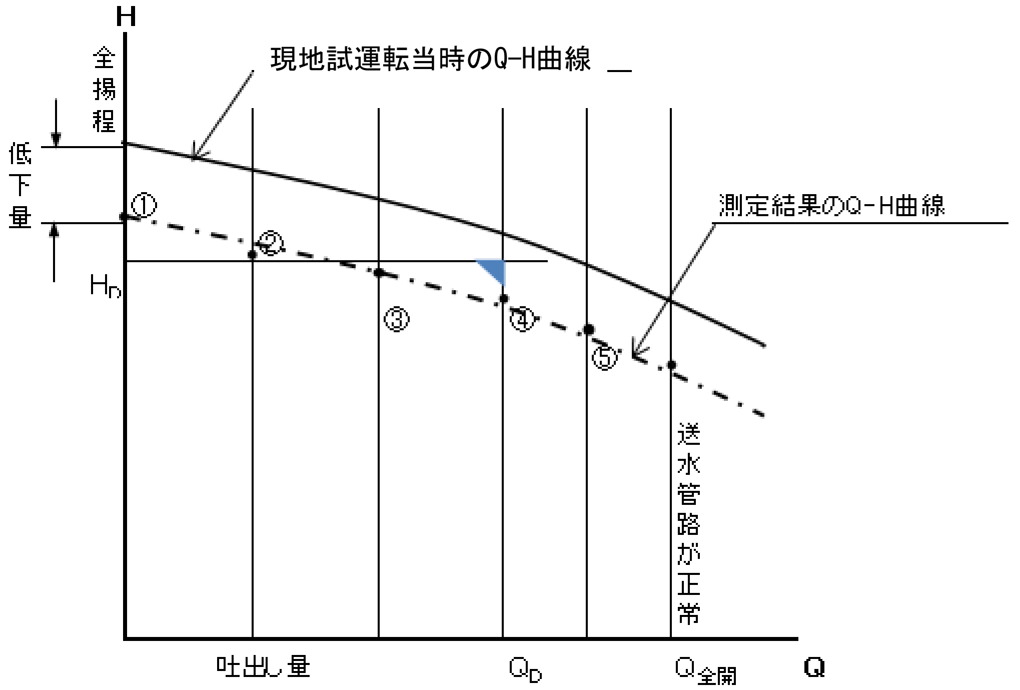


図1-9　ポンプ性能の計測（イメージ）

（パイプラインの性能低下の確認）（**図1-10参照**）

（1）パイプラインから完全に空気が排出されていることを確認する必要がある。

（2）ポンプ設備の計器類（真空計、連成計、圧力計、水位計、流量計等）が正常であることを施設管理者とともに確認する。

（3）約60分間の揚水運転ができることを確認する。

（4）ポンプの吐出し弁を全開（100%）まで開いたときの吐出し量（$Q_{全開}$）が、ポンプの設計点吐出し量（Q_D）以上（$Q_D \leqq Q_{全開}$）である場合は、パイプラインの損失水頭は計画数値以下であると判断する。なお、吐出し弁を全開まで開いた時には、キャビテーション発生や過負荷にならないように注意する。

（5）逆に小さい場合（$Q_D \geqq Q_{全開}$）には、パイプラインの損失水頭が計画数値より大きいので設計点吐出し量の確保ができないため、パイプラインに異常があると判断する。

※　設計点　：設計点吐出し量（Q_D）
　　　　　　　設計点全揚程（H_D）

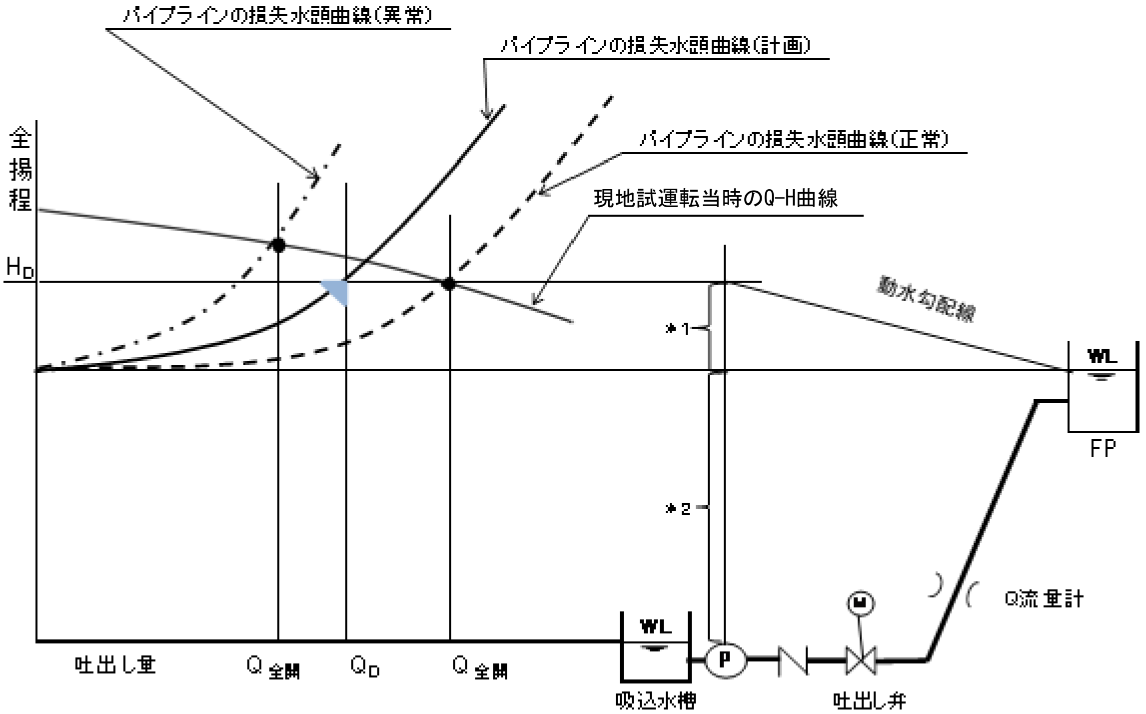


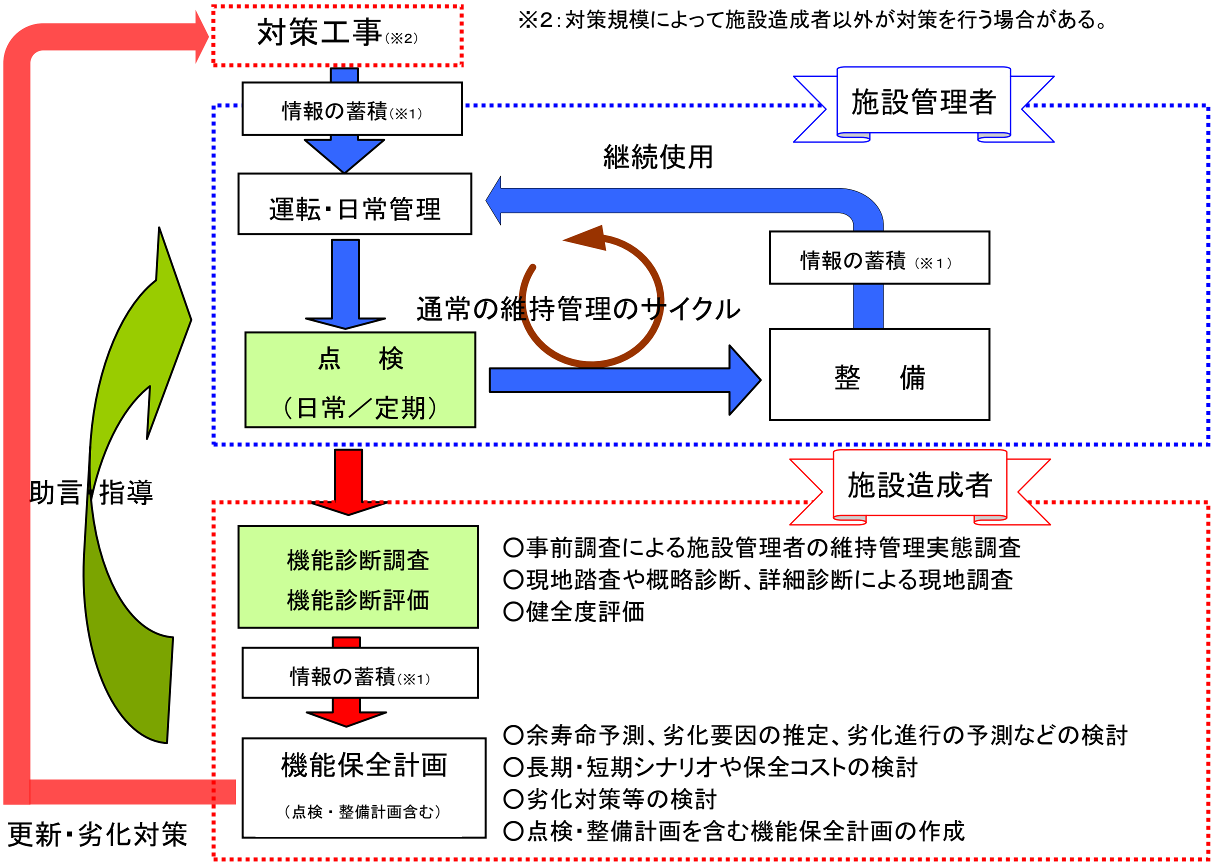
図1-10　パイプラインの性能低下に伴うポンプ運転点の変位（イメージ）

※1　パイプラインの損失水頭等

※2　実揚程＝ＦＰ水位（ＷＬ）－吸込水槽水位（ＷＬ）
　　ポンプの特性が適正であるならば、パイプラインの概略の損失水頭が求まる。
　　パイプラインの概略損失水頭＝（全揚程－実揚程）

ポンプ設備などの施設機械設備は、土木施設と異なり、多数の機器・部材等から構成された集合体であることから、設備の機能の維持、ひいては設備の長寿命化を図るためには、日常管理における機器・部材等の適正な点検・整備が必要である。このため、施設造成者は、状況に応じて点検・整備に関する適切な助言を行うことが必要である。（図1-11参照）

また、施設造成者は、当該助言に資するため、機器製造者から設置機器についての点検、整備、耐久性及び保全コスト等の技術情報を収集することが必要である。



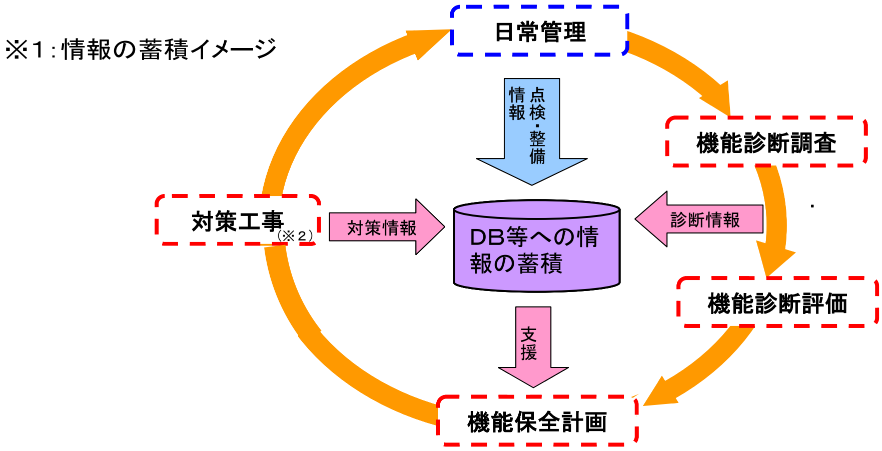


図1-11　施設造成者と施設管理者の連携イメージ

１．２　ポンプ設備の性能管理

１．２．１　ポンプ設備の機能と性能

ポンプ設備は、用排水量を目的地まで送配水・排水し、また、それらの用排水量を調節する機能を有する。

ポンプ設備の性能は、これらの機能を発揮する能力であり、ポンプ設備に要求される性能を満足するよう機能保全に努める必要がある。

【解説】

ポンプ設備の性能管理とは、ポンプ設備に必要な機能、性能を長期にわたって維持させる行為である。施設造成者は、ポンプ場やポンプ設備の設置目的、ポンプ設備が施設の中で果たすべき役割（機能）、そして、施設管理者がポンプ設備に対して期待する能力（性能のレベル、要求性能）を十分に理解し、適切な性能管理を実施していくことが重要である。

農業水利施設である用水機場を例にとると、用水の必要な場所において水需要に応じた用水量を受益地等の目的地まで送配水することが目的であり、これを達成するために送配水機能や用水量調節機能といった水利用機能が必要となる。

また、排水機場を例にとると、洪水時に備えて排水を行い、あるいは常時排水が必要な地区において内水位を低下させ、農地等を災害や湛水被害から守るためには、排水機能、排水量調節機能が必要となる。

表1-3に各ポンプ設備の設置目的と具備する機能を示す。

ポンプ設備の機能保全を行うに際しては、これら設備が有する機能に着目し、性能管理を行うことを基本とする。

表1-3　ポンプ設備の設置目的と具備する機能

施　設	区　分	一般的に使用されるポンプ	設置目的	機能（本来的機能）
用水機場	用水ポンプ	渦巻ポンプ	・用水量を目的地まで送配水する ・用水量を調節する	送配水機能
				用水量調節機能
排水機場	排水ポンプ	斜流ポンプ 軸流ポンプ	・余剰水を河川等に排水することにより、受益地等の内水位を低下させる ・排水量を調節する	排水機能
				排水量調節機能

ポンプ設備が具備する様々な機能（本来的機能）を実現するためには、その機能を発揮する能力である水利性、設備信頼性、構造安全性、修復性及び耐久性などの性能を確実に担保する必要がある。

また、本来的機能以外の機能には、社会的機能があり、この機能を十分に発揮させるためには、経済性、環境性、維持管理性などの性能に着目する必要がある。ポンプ設備の機能・性能の例を表1-4に示す。

機能診断調査では、本来的機能に関する性能の確認を行うことが主となるが、性能管理においては本来的機能のみではなく社会的機能も考慮して、設備全体で適切な要求性能を把握・設定し管理していく必要がある。

表1-4　ポンプ設備の機能・性能の例

機能・性能		機能・性能の内容
１）本来的機能		事業目的やポンプ場の設置目的など、本来目的を達成するため、必須となる固有の機能（ポンプ設備に直接求める役割）
送配水機能 用水量調節機能 排水機能 排水量調節機能	水利性	施設管理者の要求を満たす取水量を確実に取水又は排水量を確実に排除できる性能
	設備信頼性	長期間の使用においても安定して稼動できる性能
	構造安全性	水理学的及び力学的に安全な構造である性能
	修復性	地震等の災害時や、故障・損傷時において、容易に復旧できる性能
	耐久性	部材の経年や使用頻度、環境作用による劣化に抵抗する性能
２）社会的機能		本来的機能以外の機能で、社会的要求に対し、適切に貢献する機能
	経済性	建設費、維持管理費等ライフサイクルコストを低減できる性能
	環境性	騒音・振動、環境負荷（CO_2排出、生態系への影響）を低減でき、景観への配慮など、周辺環境と適合する性能
	維持管理性	施設管理時において、施設管理者及び第三者の人的安全性を確保しながら容易に操作・管理ができる性能

※上表の本来的機能における事業目的とは、土地改良事業（土地改良法の目的）を指す。

【参考】ポンプ設備の機能・性能の考え方

１）機能の考え方

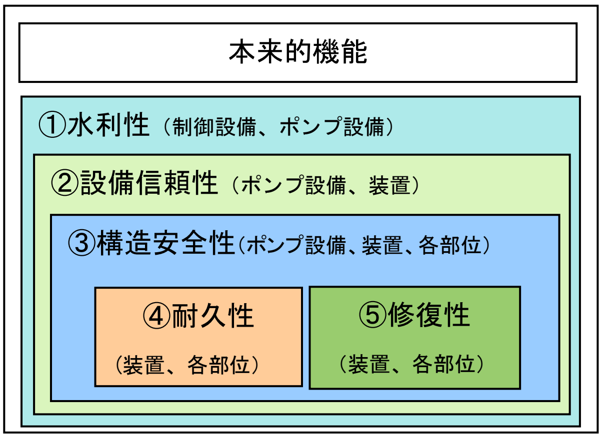
ポンプ設備の機能を水利システムの観点で分類した場合、本来的機能は①水利用機能（用・排水量の確保・調節など水利用に関する役割）、②水理機能（全揚程の確保・送配水効果等位置エネルギーの確保など水理学的な送水に関する役割）③構造機能（ポンプの部材強度などの構造上の役割）に分類されるが、ポンプ場を構成するポンプ設備に求める具体的な役割で整理した場合、本来的機能は、送配水機能、用水量調節機能、排水機能、排水量調節機能などに分類される。具体的機能を理解することは、機能保全の基本である他、設備等の重要度を理解するうえでも必要である。

なお、ポンプ設備における本来的機能は、事業目的やポンプ場の設置目的など本来目的を達成するため、必須となる機能として整理し、それ以外の機能で、社会的要求に対し適切に貢献する機能を社会的機能として整理している。

２）性能の考え方

ポンプ設備の本来的機能に関する性能としては、農家や施設管理者などの要求を満たす用水を十分に確保し、洪水時や用水後の余剰水を十分に排水できているかという視点の水利性と、そのために、機械設備が十分な信頼性を有しているかという視点の設備信頼性が必要となり、設備信頼性を構造安全性が下支えし、構造安全性を耐久性や修復性が下支えする関係となる。

このため、①水利性は、制御設備やポンプ設備を含む、設備全体としての性能が十分であるか、②設備信頼性は、ポンプ設備全体や装置レベルで十分な品質や動作確実性を有しているか、③構造安全性は、ポンプ設備が有害なキャビテーションを発生させない構造となっているか、安全な水密構造となっているか、部材が十分な強度を有しているか、④耐久性や⑤修復性は装置、各部品レベルで、十分な性能（摩耗代、予備品）を有しているかの視点で照査を行う必要がある。なお、本手引きでは制御設備における診断手法は対象外としているが、機能診断調査においては、制御設備も含めた設備全体として十分な性能を発揮しているかを確認することも必要である。



１．２．２　ポンプ設備の性能管理

ポンプ設備の性能管理は、施設管理者が行う日常点検や定期点検等の結果や、施設造成者が行う機能診断の結果をもとに、機器・部品等の健全度を評価し、機能保全計画の策定を行うことを基本とする。効率的な性能管理に取り組むため、施設管理者と施設造成者が連携・調整し、点検・機能診断項目や内容の合理化、実施時期の同期化を図ることが望ましい。

【解説】

ポンプ設備の性能管理では、性能レベルを健全度で表し、そのレベルに応じた対策を検討するものとする。また、合理的な性能管理を行ううえで、ポンプを構成する部位等の重要度や、摩耗・損傷等の劣化が設備に与える影響度、水質や流下物等の周辺環境、使用頻度などを十分に理解、把握し、管理する必要がある。性能管理の効率化の観点から、施設管理者と施設造成者との十分な連携及び点検と機能診断調査の合理化・同期化が望ましい。

ポンプ設備は、オーバーホールに多大な経費が掛かるため、機能診断結果により交換を含めた長期的な整備計画を立てる必要がある。なお、特注品の製作に工期を要する部品は、製作品を予備品として保管することなどの検討も必要である。

機能診断調査については、**「第２章機能診断調査」**、機能診断評価については**「第３章機能診断評価」**、機能保全計画の策定については**「第４章機能保全計画」**を参照のこと。

（１）ポンプ設備の性能管理

ポンプ設備の性能管理は、ポンプ設備の目的、機能を発揮させるために、施設管理者が要求する性能が現在確保できているかどうかを点検、機能診断調査等を通じて直接確認し、管理することを基本とする。

ポンプ設備の性能は、設備を構成する装置や部位等の性能が確保されることにより発揮される。このため、機能診断調査では、ポンプ設備を構成する装置や機器、部材、部品を個別に調査・評価し、部位等の重要度やポンプ設備全体へ与える劣化の影響度を考慮し、設備の性能レベルを把握する。

維持管理時や更新時におけるポンプ設備の性能や指標の例には、**表1-5**に示すものが考えられる。

表1-5　ポンプ設備の性能と指標の例

性能の例		指標の例
水利性		用・排水性（用・排水量、全揚程、ポンプ効率等送水効率性）、用排水変動追従性、水理制御性（総合試運転等による作動状況）
設備信頼性		長期使用安定性（耐用年数、使用時間、使用頻度）、動作確実性（制御確実性、動力及び補機等のバックアップシステム）、装置等の品質信頼性（品質管理等）
構造安全性	水理学的安定性	キャビテーション（異常音）
	水理学的安全性	水撃圧（フライホイール等の作動状況）、水密性（水圧試験、漏水等）
	力学的安全性	耐震性（局部震度法、許容応力度法等のボルト照査、ボルトの取付状況）
耐久性	耐疲労性	繰り返し使用による疲労耐久性（ポンプon-off頻度）
	耐腐食性	部材の耐防錆・防食性能（使用環境、使用条件に適した材質選定、腐食状況）
	耐摩耗性	部材の耐摩耗性（使用環境、使用条件に適した材質選定）
	耐劣化性	油脂類等の耐劣化性（品質管理、使用期間等）
修復性		修復容易性、損傷・故障時対応性（部品調達、予備品等）
経済性		建設費（動力原動機等の経済比較）や維持管理費（原動機、減速機、ポンプ効率などを含むシステム効率化及び機器構成の簡素化）等
環境性		騒音・振動（原動機）、環境負荷（CO_2排出、生態系への影響等）、景観（塗装色・老朽化後の景観）等
維持管理性	維持管理安全性	施設管理者、第三者の人的安全性（防護柵、危険表示板、危険部位の保護カバー等）
	維持管理容易性	維持管理容易性（メンテナンスフリー、操作容易性等）

（２）ポンプ設備における部位別の性能管理

ポンプ設備は、長年の使用により経年劣化して健全度が低下し、対策を講じなければ、やがて設備の性能の限界を迎え、使用不能となる。しかし、様々な機器・部品等の集合体であるポンプ設備は点検・整備などにより適切な時期に機器・部品等の修理や交換を行うことにより、供用期間の延伸が期待できる。（図1-12）

ポンプ設備の性能管理は、機能・性能・性能の限界状態を十分理解したうえで行う必要がある。ポンプ設備における部位別の機能と性能の例を表1-6に示す。

機能保全は、設備を構成する部材や機器類及び部品類の修理、交換が主となるため、機能診断調査による計測結果や、耐用年数等から余寿命を算出し、適切な時期に保全を行うことが重要であるが、その劣化特性は個々に異なることから、特性に応じた対策を講じる必要がある。

（機器、部品等の劣化特性については1.3項で詳述）

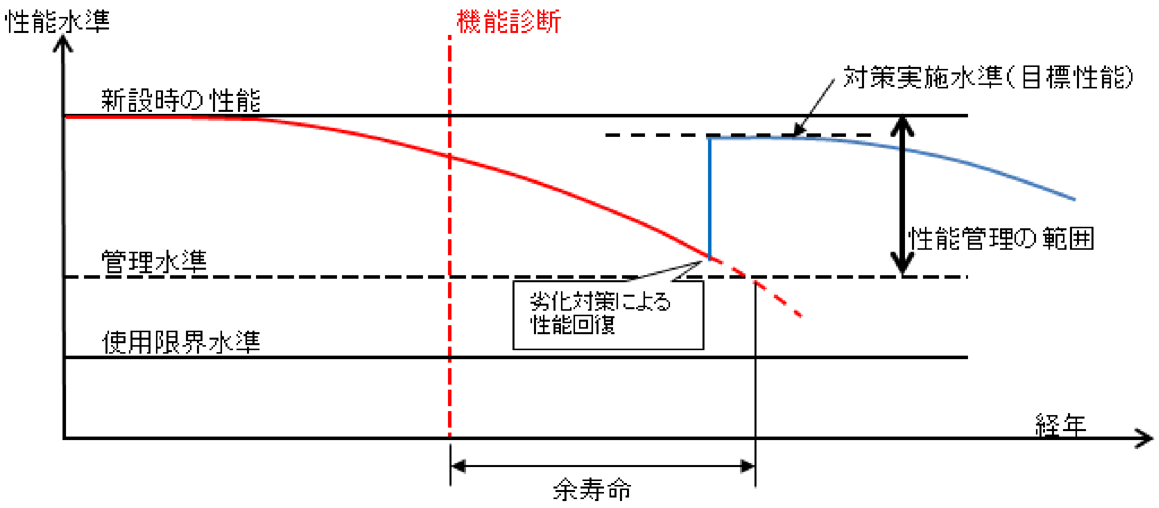


図1-12　設備の性能劣化曲線と性能管理の範囲

＜用語の説明＞

・対策実施水準	劣化対策により回復した性能レベル若しくは回復の目標とする性能レベル
・管理水準	性能低下を許容できる限界の性能レベル
・使用限界水準	設備を正常に使用できなくなる限界の性能レベル
・余寿命	機能診断を実施した時点から性能低下を許容できる限界に達するまでの期間

機能保全によって各機器や部品等の耐久性や修復性を向上させることは、安全性の向上につながり、その結果、設備の運用における信頼性を向上させることになる。一方で経年に伴って機能保全に係る費用（維持管理費）の増大も招くことから、経済性や機器類の陳腐化に伴う修復性の問題（入手困難性）などにも着目し、総合的な使用限界の水準を検討して、更新の是非を判断する必要がある。

表1-6　ポンプ設備における部位別の機能と性能の例（渦巻ポンプ）

機器名称	部位名称	設備全体に対する機器の機能	主な要求性能（例）	問題となる現象	性能限界（例）	対策方法
主ポンプ	主ポンプ全体	規定の水量を規定の高さに揚水する機能	構造安全性、水利性、設備信頼性、修復性、経済性	規定水量を揚水できない性能低下	揚水不能の状態	修理又は交換
	ケーシング	インペラによって発生する速度エネルギーを圧力エネルギーに変換する機能	構造安全性（水理学的安全性）、耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	亀裂・損傷・腐食・漏水による機能停止	亀裂・損傷・変形などによる水漏れが発生した時	修理・主ポンプの更新
	インペラ	ポンプ内の液体に速度エネルギーを与える機能	構造安全性（水理学的安全性）、耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	摩耗･腐食・ひび割れによる性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	主軸	インペラに動力を伝達する機能	耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	腐食･変形による振動大	曲がり、腐食が許容値を超えた時	修理又は交換
	パッキンスリーブ	主軸のグランドパッキン(軸封部)滑り部に嵌め、主軸の摩耗を抑える機能	耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	摩耗･腐食による軸封部からの水漏れが大	摩耗量が許容値を超えた又は満水及び軸封不能になった時	修理又は交換
	軸スリーブ	主軸が揚液に触れないように保護する機能	耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	摩耗･腐食による性能低下	腐食により、主軸の保護ができなくなった時	交換(材質を考慮)
	インペラリング	ライナリングとの滑り部に対抗してインペラに取付け、摩耗したらそれだけを交換することによりポンプ性能を維持する機能	耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	摩耗･腐食による性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	ライナリング	インペラ(又はインペラリング)との滑り部に対抗してケーシングに取付け、それだけを交換することによりポンプ性能を維持する機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗･腐食による性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	軸受ハウジング	軸受の支持、潤滑の維持、放熱及び軸受を保護する機能を有する箱	耐久性（耐腐食性）	変形･腐食による機能停止	亀裂・損傷・変形等が発生した時	修理又は交換
	ころがり軸受	インペラ、主軸などのラジアル方向の荷重とインペラによるスラスト荷重を支える機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	摩耗・損傷による、著しい温度上昇、振動大	設計寿命運転時間又は温度上昇､振動が許容値を超えた時	交換
	すべり軸受	インペラ、主軸などの荷重を相対運動する部品間のすべりで支える機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	ひび割れ・変形・摩耗による、著しい温度上昇、振動大	設計寿命運転時間又は温度上昇､振動が許容値を超えた時	修理又は交換
	軸封部(グランドパッキンあるいは無給水軸封装置)	主軸がケーシングを貫通する箇所において、外部への液漏れや空気の吸い込みを防止する機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	漏洩、変形	漏水量が著しい時	交換(消耗部品)

※参考資料編から一部抜粋。

（３）ポンプ設備設計基準改定による留意点

１）基準改定の背景

土地改良事業計画設計基準の改定主旨等について**表1-7**に示す。

表1-7　土地改良事業計画設計基準（ポンプ場）における主な改定内容

制定・改定の年月	制定・改定の主旨	内容等の骨子
昭和57(1982)年12月 制定	ポンプ計画技術マニュアル等を活用してきたが、ポンプ場に必要とされる機能の確保など、一層合理的なポンプ場建設に資するために技術基準を定めた。	基準は、9章で構成されており、それぞれ基準・解説・参考の三つからなっている。 1.一般事項、2.調査、3.ポンプの設計、4.吸・吐水槽の水理設計、5.構造設計、6.附帯設備設計、7.運転管理設備設計、8.施工、9.運転管理及び保守管理
平成 9(1997)年 1月改定	ポンプ仕様の改善、ポンプ場システムの簡素化や信頼性向上、及びポンプ規模の適用範囲の拡大等に伴う改定	①基準書と技術書に区分 ②基準は設計基準本文と設計基準の運用を定め、更に基準の解説に整理した ③技術書は採用可能な各種の計画・設計手法等について解説した
平成18(2006)年　3月改定	・平成13(2001)年の土地改良法の一部改正、公共工事コスト縮減のための設計施工の合理性や仕様規定から性能規定への移行等に伴う改定。	①地域や目的に応じたポンプ場設計手法の明記 ②環境との調和に配慮したポンプ場設計手法の明記 ③関連技術基準類の改定に係る見直し

２）留意点

機能診断調査や評価に当たっては、水位・水質・機場周辺の環境等の変化に留意することが望ましい。また、製造年代について確認しておくとともに、建設当時のポンプの選定範囲や設計条件を把握することで、社会的要求事項の変化に対する整合性を確認することが重要である。機器の設計・製造は製造業者によって異なることがあるため、必要に応じてメーカーからも技術情報を入手することが重要である。

１．３　ポンプ設備の機能保全

ポンプ設備を構成する機器・部材や部品等は、運転の時間経過とともに摩耗や腐食等の劣化が進行し、性能が低下するため、ポンプの設置目的、機器等の特性、設置条件、操作状況等を考慮し、効率的かつ計画的に機能保全を実施する。

【解説】

（１）保全方式の分類

保全とは、信頼性用語として「常に使用及び運用可能状態に維持する、又は故障、欠陥などを回復するためのすべての処置及び活動」と定義され、この保全の方式としては、予防保全と事後保全に大別される。

予防保全（Preventive Maintenance(PM)）は、設備の使用中における故障を未然に防止し、設備を使用可能状態に維持するために計画的に行う保全であり、事後保全（Breakdown Maintenance(BM)）は、設備が機能低下、もしくは機能停止した後に使用可能状態に回復する保全である。予防保全はさらに、時間計画保全（Time Based Preventive Maintenance(TBM)）と状態監視保全（Condition Based Preventive Maintenance(CBM)）に使い分けられ、事後保全は通常事後保全（Planned Breakdown Maintenance(PBM)）と緊急保全（Emergency Breakdown Maintenance(EBM)）に分けられる（**図1-13**）。なお、本手引きにおいては、全ての保全方式において、時間計画保全の一つである点検・整備が必須であることを前提としている。

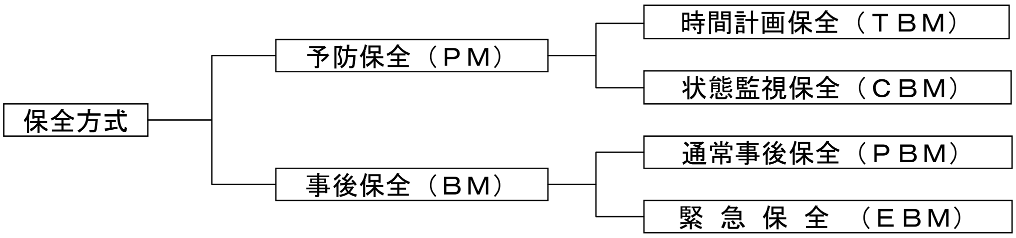


図1-13　保全方式の区分（JIS Z8115）

（２）予防保全の考え方

予防保全には、時間計画保全と状態監視保全がある。時間計画保全は、予定の時間計画（スケジュール）に基づく予防保全の総称で、予定の時間間隔で行う定期保全と設備や機器が予定の累積稼働時間に達したときに行う経時保全に大別される。計画的に実施する定期点検（月点検・年点検）や定期整備（定期的な部品等の交換含む）は、時間計画保全に含まれる。状態監視保全とは、運転中の設備の状態を計測装置などにより観測し、その観測値に基づいて保全を実施するものである。常に、設備状態の傾向を監視・分析することにより異常（劣化の程度）の早期発見や、以後の劣化進行の予測を行い、適切な時期に保全を実施することが可能である。本手引きにおいては、日常点検、定期点検及び機能診断調査時の測定データによる劣化傾向の把握（傾向管理）も状態監視保全に含めるものとする。

（３）事後保全の考え方

事後保全は、通常事後保全と緊急保全に分類されるが、通常事後保全とは、管理上、予防保全を実施しないと決めた機器・部材や部品等の性能低下に対する処置をいう。緊急保全とは、管理上、予防保全を行うと定めた機器・部材や部品等の予測が不可能な突発的故障に対する緊急処置をいう。

（４）ポンプ設備の重要度区分と保全方式

ポンプ設備は、ゲート設備と比べても部品点数が多く、構造も複雑な部類に属しているが、通常、保全方式は予防保全（ＰＭ）が基本であり、機器・部材等の不具合の兆候を早い段階で検知・監視しながら、その傾向管理を行う状態監視保全（ＣＢＭ）を行うことが望ましい。

ただし、設備の重要度に応じて事後保全（ＢＭ）を適用するなど、保全の合理化を図ることも必要であり、例えば、事故が発生しても被害や復旧費用が少なく、予防保全による機能診断調査を行うよりも事後保全の方が明らかに経済的な設備は、機能診断調査の対象外とすることなどを検討するとよい。

ポンプ設備等の重要度区分と適した保全方式について**表1-8**に示す。

表1-8　　ポンプ設備等の重要度区分と適した保全方式

設備の重要度区分	重要度要素	対象設備の例※1	適した保全方式
高	設備が故障し機能を失った場合、国民の生命・財産に影響を及ぼす恐れのある設備	設備の重要度区分「中」に該当し、かつ次の①、②のいずれかに該当するもの。 ①排水ポンプ設備の例 ポンプ場の災害により、地域住民の生命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす ②用水ポンプ設備の例 施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす	予防保全（ＰＭ）
中	設備が故障し機能を失った場合、営農を含む社会経済活動に影響を及ぼす恐れのある設備	上記①、②に該当しない用排水設備及び除じん設備	予防保全（ＰＭ）又は事後保全※2（ＢＭ）
低	設備が故障し機能を失った場合、施設管理者の業務に影響が生じるものの、営農を含む社会経済活動への影響が限定的な設備	附帯設備（クレーン設備、換気設備）など	事後保全（ＢＭ）

※１対象設備の例は、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」技術書のポンプ場の重要度区分を参考とした。
※２施設の重要度や地域の要求性能を加味し予防保全か事後保全を決定する。

（５）点検項目と点検周期の検討

ポンプ設備の機能保全に当たっては、より効率的に取り組む観点から、施設管理者が行う日常点検や定期点検等と連携・調整を図るとともに、設備・部位の重要度、使用条件、使用環境、稼働形態、装置や機器等の特性等を考慮して、適切な保全方式を設定し、点検・機能診断調査

項目の抽出や点検周期の合理化を図ることが重要である。

例えば、重要な設備の点検においては、年点検、管理運転点検、運転時点検を全て行うことが望ましいが、設備の稼働形態が待機系と常用系に分かれる場合、運転時点検の少ない待機系においては、管理運転点検を必須とするなど、点検項目に軽重を付けるとよい。

また、点検周期の検討に当たっては、出水期／非出水期等、期別の稼働形態を加味して点検頻度を決めるなど、点検の合理化を図るとよい。点検周期の例を**表1-9**に示す。

表1-9　重要度や稼働形態を考慮した点検周期の例

設備の重要度	稼働形態（※1）	点検周期		
		定期点検		日常点検
		年点検	管理運転点検	運転時点検
高	常用系	1 回/年	－	標準周期
	待機系	1 回/年	標準周期（※2）	稼働時
中	常用系	1 回/年	－	標準周期×２（※3）
	待機系	1 回/年	標準周期×２（※4）	稼働時
低	常用系 / 待機系	1 回/年	－	－

※1：常用系は、用水（かんがい）ポンプや常時排水ポンプなど常時稼働する設備
　　待機系は、洪水時排水ポンプなど常時稼働しない設備
※2：出水（かんがい）期は月１回を標準、非出水（非かんがい）期は２～３ヶ月に１回を標準とする。
※3：運転時点検項目が管理運転点検項目を満たす場合は、 管理運転点検を兼ねて運転時点検を行い、その周期は標準の２倍程度に延長可能とする。
※4：設備の重要度区分「高」の標準周期の２倍程度に延長可能とする。

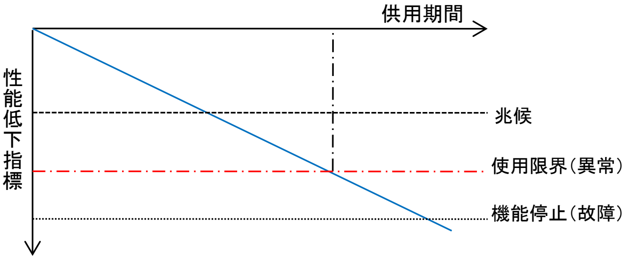
（６）部位の劣化特性や重要度に応じた保全方式

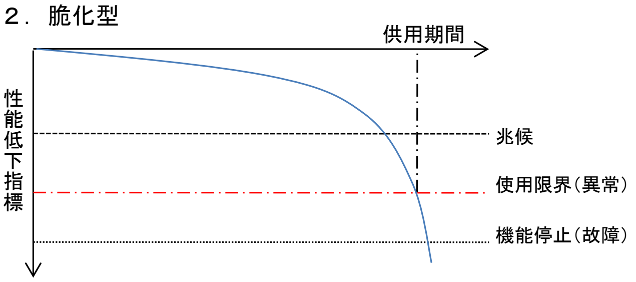
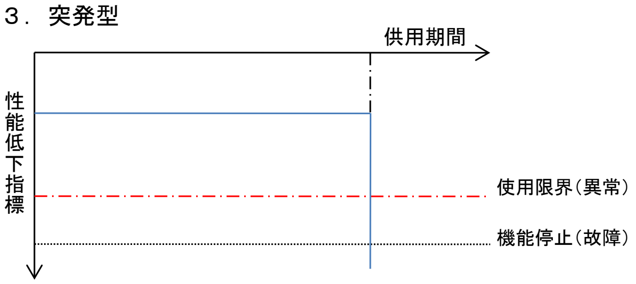
１）機器・部材や部品等の劣化特性と保全方式

機器・部材や部品等の故障の起こり方（劣化特性）は、一般的に経年劣化型、脆化型、突発型に分類され、それぞれの劣化特性に適応した保全の方式が、**表1-10**のとおり設定できる。

このため、それぞれの劣化特性に合った保全方式を選択することが必要である。

表1-10　機器･部材や部品等の劣化特性と保全方式

劣化特性	性能低下予測・傾向管理	基本的な保全方式
１．経年劣化型  （性能低下の進行が時間・使用頻度に比例する場合）	可 能	〔状態監視保全 ＣＢＭ〕 定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。

劣化特性	性能低下予測・傾向管理	基本的な保全方式
２．脆化型  （潜伏期間中は徐々に劣化が進み、ある時点を過ぎると急激に進行する場合）	可 能	〔状態監視保全 ＣＢＭ〕 定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。ただし、兆候が現れてから性能低下の進行が急激に進むため注意が必要である。
３．突発型  （故障率が、時間/使用頻度に対してほぼ一定の場合。故障率が突発的に発生する場合）	不 可	故障が突発的に発生することから事前に不具合の兆候を発見・把握することができない。 〔時間計画保全 ＴＢＭ〕 影響度の大きい機器の場合は、定期的な交換・更新を適用し、未然に故障の発生を防ぐ。 〔通常事後保全 ＰＢＭ〕 影響度が小さい機器の場合は、事後保全にて対応する。

（国土交通省「河川用ポンプ設備 点検・整備・更新マニュアル（案）」を参考に整理）

２）ポンプ設備の構成部位毎の重要度と保全方式

ポンプ設備の構成部位毎の重要度に対応する適した保全方式は、**表1-11**のように整理できる。

これは、設備機能の維持に対して影響度が大きい機器・部品等については、不具合の発生を極力回避するよう予防保全を適用して設備機能を確実に確保する一方、影響度の小さい機器・部品等については、事後保全を適用し、壊れるまで使うことで費用対効果を最大限に得ることを考慮している。従って、通常事後保全で良いと判断した部位については、機能診断調査の対象外とすることも検討する。

表1-11　部位の重要度に適した保全方式の例

部位の重要度	定義	性能低下予測傾向管理	適した保全方式
Ａ (設備への影響度大)	部位の劣化や破損により、重大事故や設備の機能停止につながる部位	可 能	状態監視保全（CBM） 時間計画保全（TBM）※
		不 可	時間計画保全（TBM）
Ｂ (設備への影響度大)	部位の劣化や破損により、設備の性能低下につながる部位	可 能	状態監視保全（CBM） 時間計画保全（TBM）※
		不 可	時間計画保全（TBM）
Ｃ (設備への影響度小)	部位の劣化や破損が生じても、設備の性能低下が限定的な部位	可 能	通常事後保全（PBM） 状態監視保全（CBM）※
		不 可	通常事後保全（PBM）

※設備の重要度が高い設備にあっては、性能低下予測が可能であっても重要度Ａ、Ｂの部位についてはＴＢＭの適用を検討するとともに、重要度Ｃの部位についてはＣＢＭの適用を検討する。

また、部位に適した保全方式の例に従い、部品の劣化特性を考慮して保全方式を整理すると、**表1-12**に示すとおりとなる。

なお、ポンプ設備の場合は部位の性能低下が設備全体の機能停止につながることが多いため、状態監視保全（ＣＢＭ）、時間保全計画（ＴＢＭ）のいずれか、若しくは両方式を併用する保全方式が基本となるが、ケーシングの塗装（重要度Ｃ）や、グランドパッキンの水漏れ（重要度Ｂ）など、他の部位への影響が小さい項目に限って、通常事後保全（ＰＢＭ）とするのが適当との考え方で整理した。

表1-12　部位毎の重要度と適した保全方式

機器名称	形式	部品名称	部位の重要度	適した保全方式
主ポンプ	渦巻ポンプ	ケーシング	Ａ	ＣＢＭ(塗装はＰＢＭ)
		インペラ	Ａ	ＣＢＭ
		ライナリング	Ａ	ＣＢＭ
		主軸	Ａ	ＣＢＭ
		パッキンスリーブ	Ａ	ＣＢＭ
		軸受（ころがり軸受）	Ａ	ＣＢＭ又はＴＢＭ※1
		軸封部（グランドパッキン）	Ｂ	ＰＢＭ
		軸封部（無給水軸封装置）	Ｂ	ＴＢＭ
	横軸軸流（又は斜流）ポンプ （チューブラポンプは横軸軸流（又は斜流）ポンプに準じる）	ケーシング	Ａ	ＣＢＭ(塗装はＰＢＭ)
		インペラ	Ａ	ＣＢＭ
		ライナリング	Ａ	ＣＢＭ
		主軸	Ａ	ＣＢＭ
		水中軸受	Ａ	ＴＢＭ
		水中軸受スリーブ	Ａ	ＴＢＭ
		外側軸受（ころがり軸受）	Ａ	ＣＢＭ又はＴＢＭ※1
		軸封部（グランドパッキン）	Ｂ	ＰＢＭ
		パッキンスリーブ	Ａ	ＣＢＭ
		軸封部（無給水軸封装置）	Ｂ	ＴＢＭ
	立軸軸流（又は斜流）ポンプ	ケーシング	Ａ	ＴＢＭ(塗装はＰＢＭ)
		インペラ	Ａ	ＴＢＭ
		主軸	Ａ	ＴＢＭ
		水中軸受	Ａ	ＴＢＭ
		水中軸受スリーブ	Ａ	ＴＢＭ
		ケーシングライナ	Ａ	ＴＢＭ
		軸受箱	Ａ	ＴＢＭ
		外側軸受（ころがり軸受）	Ａ	ＴＢＭ
		軸封部（グランドパッキン）	Ｂ	ＰＢＭ
		パッキンスリーブ	Ａ	ＴＢＭ
主原動機	かご形誘導電動機	フレーム	Ａ	ＴＢＭ
		固定子部（コア、コイル、コイルエンド）	Ａ	ＴＢＭ
		回転子部(コア、コイル)	Ａ	ＴＢＭ
		主軸	Ａ	ＴＢＭ
		軸受（ころがり軸受）	Ａ	ＣＢＭ又はＴＢＭ※1
		すべり軸受	Ａ	ＴＢＭ
		オイルリング	Ａ	ＴＢＭ
		スペースヒータ	Ｂ	ＴＢＭ
		リード線	Ａ	ＴＢＭ

機器名称	形式	部品名称	部位の重要度	適した保全方式
主原動機	巻線形誘導電動機	フレーム	A	ＴＢＭ
		固定子部（コア、コイル、コイルエンド）	A	ＴＢＭ
		回転子部（コア、コイル）	A	ＴＢＭ
		主軸	A	ＴＢＭ
		軸受（ころがり軸受）	A	ＣＢＭ又はＴＢＭ※1
		すべり軸受	A	ＴＢＭ
		オイルリング	A	ＴＢＭ
		スペースヒータ	B	ＴＢＭ
		スリップリング	A	ＴＢＭ
		ブラシ	A	ＴＢＭ
		リード線	A	ＴＢＭ
	ディーゼル機関	ピストン	A	ＴＢＭ
		シリンダヘッド	A	ＴＢＭ
		クランク軸	A	ＴＢＭ
		連接棒	A	ＴＢＭ
		主軸受メタル他	A	ＴＢＭ
		過給器部	A	ＣＢＭ
		潤滑油プライミングポンプ	A	ＴＢＭ
		潤滑油ポンプ	A	ＣＢＭ
		潤滑油クーラ	A	ＣＢＭ
		燃料噴射ポンプ	A	ＣＢＭ
		燃料噴射弁	A	ＴＢＭ
		調速装置	A	ＴＢＭ
		内部冷却水ポンプ	A	ＴＢＭ
		清水クーラ	A	ＣＢＭ
		始動弁	A	ＣＢＭ
		分配弁	A	ＴＢＭ
		塞止弁	A	ＴＢＭ
		セルモータ	A	ＣＢＭ
動力伝達装置	減速機	ケース	A	ＴＢＭ
		歯車	A	ＴＢＭ
		主軸	A	ＴＢＭ
		軸受（ころがり軸受）	A	ＣＢＭ又はＴＢＭ※1

ＴＢＭ：時間計画保全（信頼性による修繕、取替の標準年数が経過した時点で詳細点検又は分解整備等を実施。）
ＣＢＭ：状態監視保全
ＰＢＭ：通常事後保全
※１：軸受部の温度上昇、振動、異常音などを直接計測できる軸受（ころがり軸受）はＣＢＭとするが、運転時間の長い用水ポンプや常時排水ポンプなどの軸受で、交換品の入手期間が長い場合はＴＢＭも併用する
注）：補機設備（給水、満水、燃料、始動、潤滑油系統の機器等）のうち、共通補機（設計基準参照）で予備機を設けている場合は、ＰＢＭとする。

３）使用条件と使用環境の検討

ポンプ設備の寿命は、設備の使用条件（使用頻度による摩耗部の消耗度合や、疲労度合の相違）や使用環境（水質、大気条件等）に影響されるため、これらを考慮し、点検・整備の内容や周期に重みを付けるなど、現場条件にあった対応が必要である。

４）保全対策の範囲と同期化の検討

個々の機器・部品等の保全対策（交換・修理等）をその都度行うと、共通作業回数が増え保全費用が高くなることもあるため、保全対策時期の同期化を図ることが重要である。このとき、設備の保全対策範囲は、設備、装置、機器及び部品の各階層を対象に、機器の特性、保全方式、経済性及び信頼性を勘案して効率的な対策範囲を検討することが重要である（**図 1-14**）。例えば、渦巻ポンプにおいては、ライナリング、スリーブ等回転体部品の交換をそれぞれ部品毎に交換するよりも、同じ時期に交換する方が、上ケーシングの開放作業と回転体の分解作業が１回で済むため、経済的である。なお、グランドパッキン及びシートパッキンをケーシング開放の際は交換する必要がある。

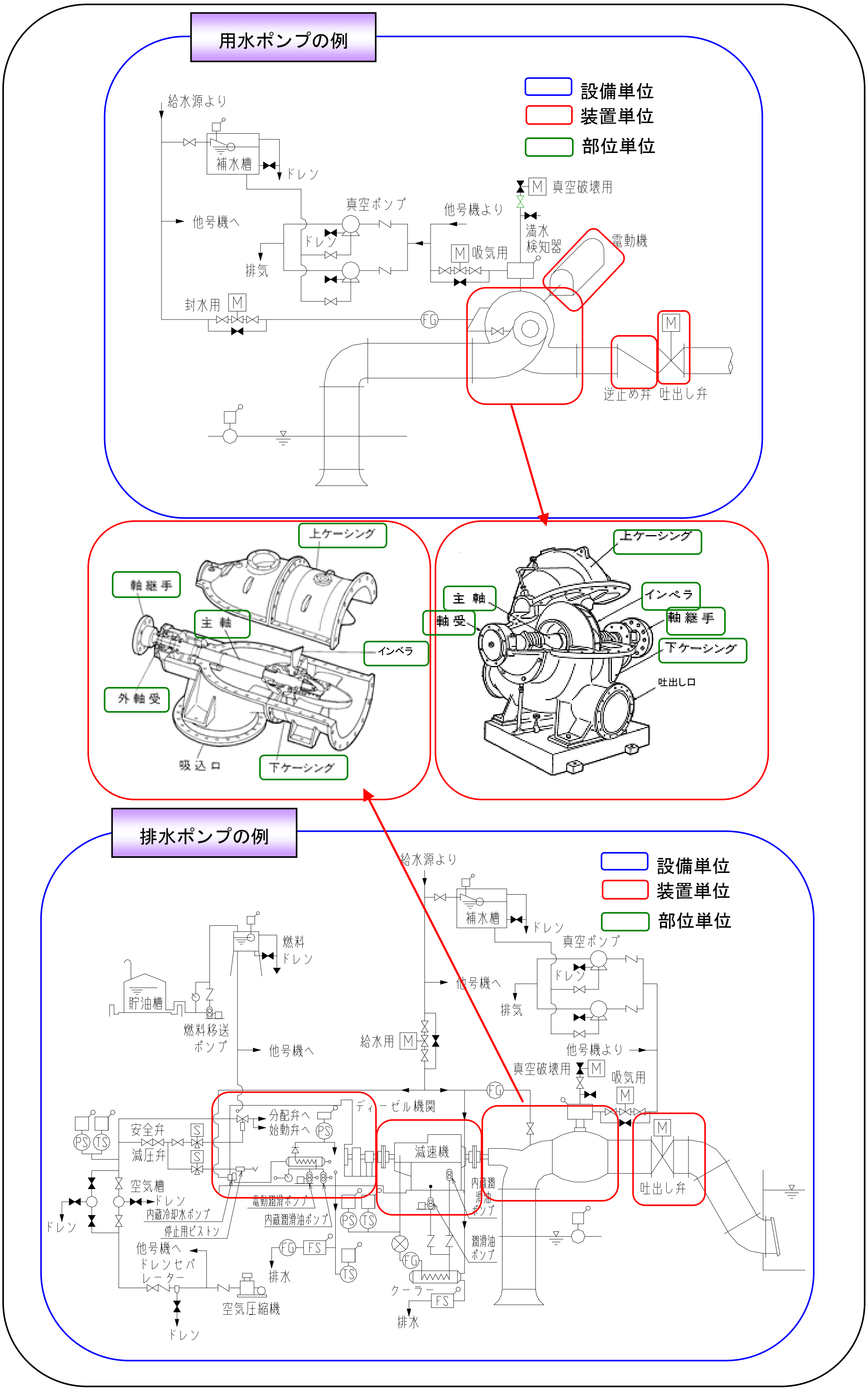


図1-14　施設機械設備の保全対策の単位（ポンプ設備）の例

１．４　ポンプの性能低下

ポンプ設備を構成する機器・部品等は回転により発熱する部位と水に接触する部位等を有しており、使用時間とともに摩耗や腐食等の劣化の進行により故障が発生し、やがては設備全体の性能が低下する。

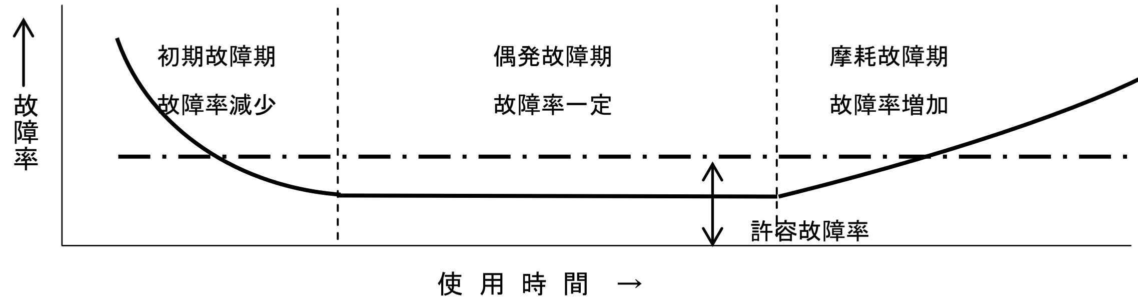
【解説】

（１）ポンプ設備の劣化と故障

用水ポンプ設備は、かんがい用水等の必要量を確実に、かつ効率的に送水する設備である。用水ポンプ設備の維持管理が不十分である場合、劣化の度合いが許容範囲を超え、必要なときにポンプが稼働しないおそれがあるのみならず、突発的な故障等によりポンプが停止し、営農に重大な影響を及ぼすおそれがあるため、適切な点検整備、保全を含めた機能保全計画をたてて設備・機器の機能を常に良好な状態に維持しなければならない。

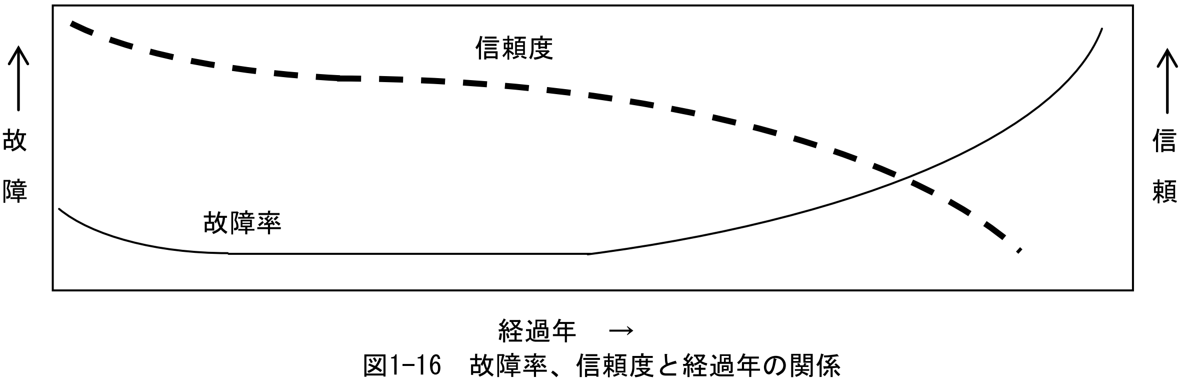
また、排水ポンプ設備は、洪水時の内水排除等を機械排水で行う重要な設備であり、万一設備の機能が損なわれた場合には、湛水による農地や農作物の被害以外に地区内の住居等への被害も生じることとなり、その影響は極めて大きい。従って、排水ポンプ設備においても、適切な点検整備、保全を含めた機能保全計画をたてて設備・機器の機能を常に良好な状態に維持しなければならない。

設備を構成する機器等は、一般的に使用時間の経過とともに、初期故障、偶発故障、摩耗故障の順に推移して、劣化も次第に進んでいく（この故障率曲線をバスタブ(Bath-tub)カーブと呼ぶ。図1-15）。機器等の劣化は、製造された時点から種々の要因によって、徐々に進行し、設計上の許容範囲を越えたときに故障として現れる。このような劣化による故障は摩耗故障期に現れる。故障率及び信頼度と経過年との関係を図1-16に示す。



使 用 時 間 →

図1-15　使用時間と発生する故障の関係



経過年 →

図1-16　故障率、信頼度と経過年の関係

（２）ポンプ設備の劣化要因と現象

１）劣化要因

ポンプ設備の劣化要因には、機械的、熱的、電気的、環境、複合的要因がある。

劣化要因別の代表的劣化現象を次に示す。

①機械的要因

疲労破壊の原因である機械的応力、振動等が中心で、これら外的な機械力以外に熱膨張係数の相違による熱ひずみ力等から誘発される。

②熱的要因

化学反応を促進する温度上昇は、素材の劣化の速度を増大し、寿命を短縮する最も一般的な劣化要因である。

③電気的要因

機器素材が電気化学反応による腐食に起因するもので、電気絶縁の低下、熱、機械、化学的な劣化等各種の劣化の原因となる。

④環境要因

自然環境下で強い紫外線の照射により劣化が促進されたり、反応性物質、吸湿による加水分解、微生物による腐食等がある。

⑤複合的要因

一般に、上記各要因が複合して作用する場合が多い。

２）劣化現象

劣化現象とその原因を次に示す。

①摩耗

過大荷重、過大振動、相対滑り、異物混入、異物付着、変形、発錆、潤滑不良

②腐食

(a)エロージョン

材料硬さ（硬さ異常）、流速、周速、キャビテーション

(b)全面腐食

使用環境（水分、塩分等）、防錆低下

(c)部分腐食

使用環境（水分、塩分等）、鋭敏化、（オーステナイト系ステンレス鋼の溶接時における組織変化）デボジットスケール（付着した腐食生成物等）

(d)電食

使用環境（水分、塩分、異種金属接触等）

(e)環境

紫外線、オゾン、塵埃

③変形（歪み、へたり）

温度不均一、材料劣化

④緩み・剥離（脱落、移動）

摩耗、腐食

⑤焼損（焼付き）

異物混入、保全不良、潤滑不良（潤滑切れ、圧力不足、潤滑剤の不適・劣化）

⑥亀裂・破壊（破損）

(a)脆性亀裂・破壊

過大応力、残留応力

(b)延性亀裂・破壊

過大応力

(c)疲労亀裂・破壊

過大繰り返し応力、残留応力、使用雰囲気

(d)応力腐食亀裂・破壊

残留応力、使用雰囲気、隙間腐食、鋭敏化

(e)加工亀裂・破壊

繰り返し応力

紫外線、オゾン、塵埃

⑦漏洩

取扱い不良、材料劣化、異物混入、摩耗、腐食、亀裂

⑧詰まり・付着

保全不良、液体の仕様不良、取付け不良、機構不良（フィルタ）、異物混入、異物付着

⑨振動・騒音

(a)流体的原因

流速分布の不均一、圧力脈動、キャビテーション、カルマン渦、空気吸込み渦、水中渦、空気吸込み、サージング、水撃作用、目詰り

(b)機械的原因

組立不良（芯出し不良、バランス不良、締付け力不足、歯当り不良）、構造・剛性不良（配管反力・モーメント、サポート不良）、異物混入、潤滑不良、危険速度、自励振動、共振、変形、摩耗、基礎・支持台の不良又は劣化、トルク変動（欠相時）、負荷側の不平衡、断線電圧の不平衡、ブラシの接触不良、二次回路の不平衡

⑩作動不良

(a)開動作不良

コンタミネーション（汚染物、異物の混入）、スティック（カジリ、キズ発生等）、流体圧力異常、駆動装置不良、機構部破損

(b)閉動作不良

弁座の傷、コンタミネーション、スティック、流体圧力異常、駆動装置不良、機構部破損

(c)機械的不良

駆動装置不良、機構部破損

⑪ディーゼル機関始動・作動不良

始動装置不良、燃料ポンプ不良、燃料切れ（燃料劣化）、始動空気圧不足、軸受焼損、吸排気弁不良、シリンダ・ピストン焼損、燃料噴射ポンプ不良、燃料・吸気フィルタ目詰り、排気管・消音器詰り

⑫溶断・断線

過熱、配線不良、締付け不良、不完全投入、過負荷、異常電圧、短絡絶縁破壊、異常電圧、機械的破壊、汚損

⑬接点不良

異常消耗、過負荷、開閉頻度多、チャタリング（リレー接点等が切り替わった直後にばたついて、信号が入・切を繰り返す現象）、腐食性ガス、汚損、接触不良、組立不良、機構部破損、接点脱落、コイル断線、吸引不良、汚損、発錆、異物混入、保全不良、溶着、過熱、過負荷、突入電流大、炭化物付着、接触面荒れ、摩耗

⑭絶縁不良（短絡、漏電）

絶縁低下、汚損、吸湿、焼損、保全不良、絶縁劣化(絶縁物の劣化・亀裂)、振動

⑮電動機始動・作動不良

電源不良（電圧、周波数異常）、断線接続不良、回転子不良、過負荷

⑯塗膜劣化

ポンプ設備の場合、多くは屋内に設置されているため塗膜の劣化による影響は少ない。

３）劣化要因と現象の例

次にポンプ設備の主な装置・機器の劣化要因と現象の例を示す。

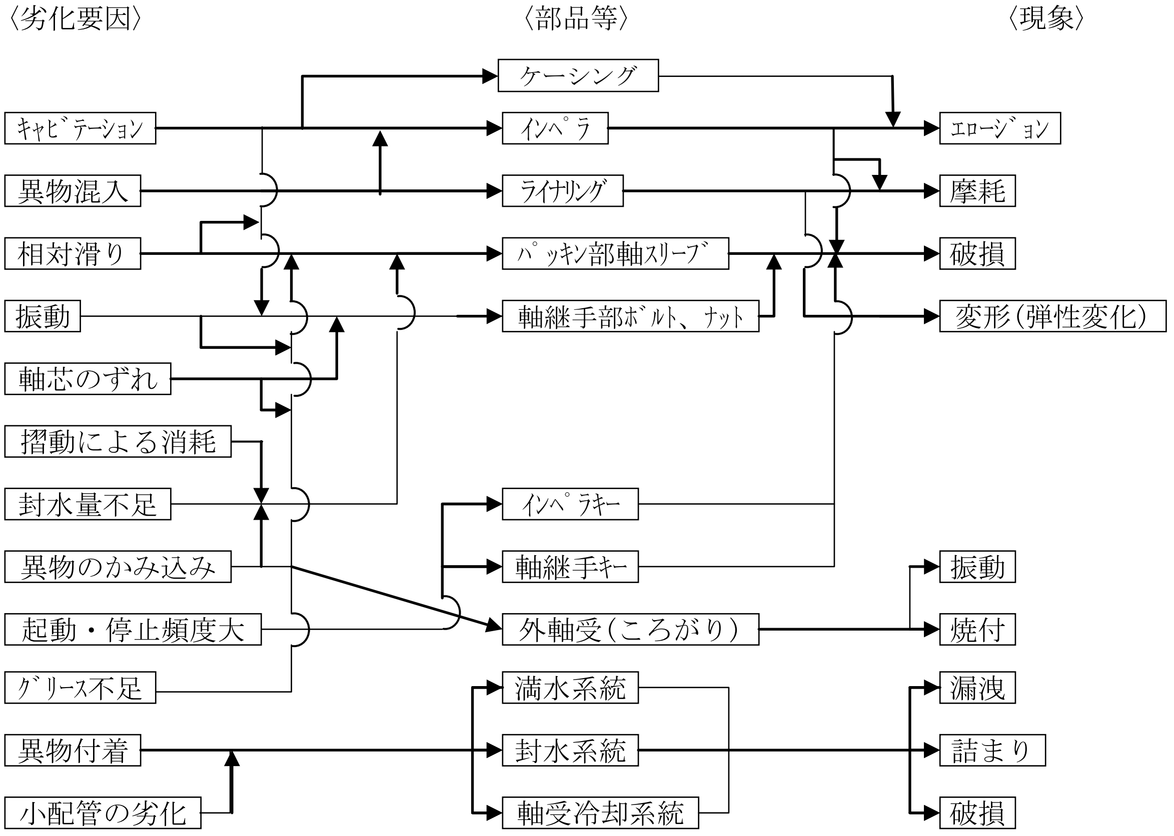


図1-17　両吸込渦巻ポンプの劣化例

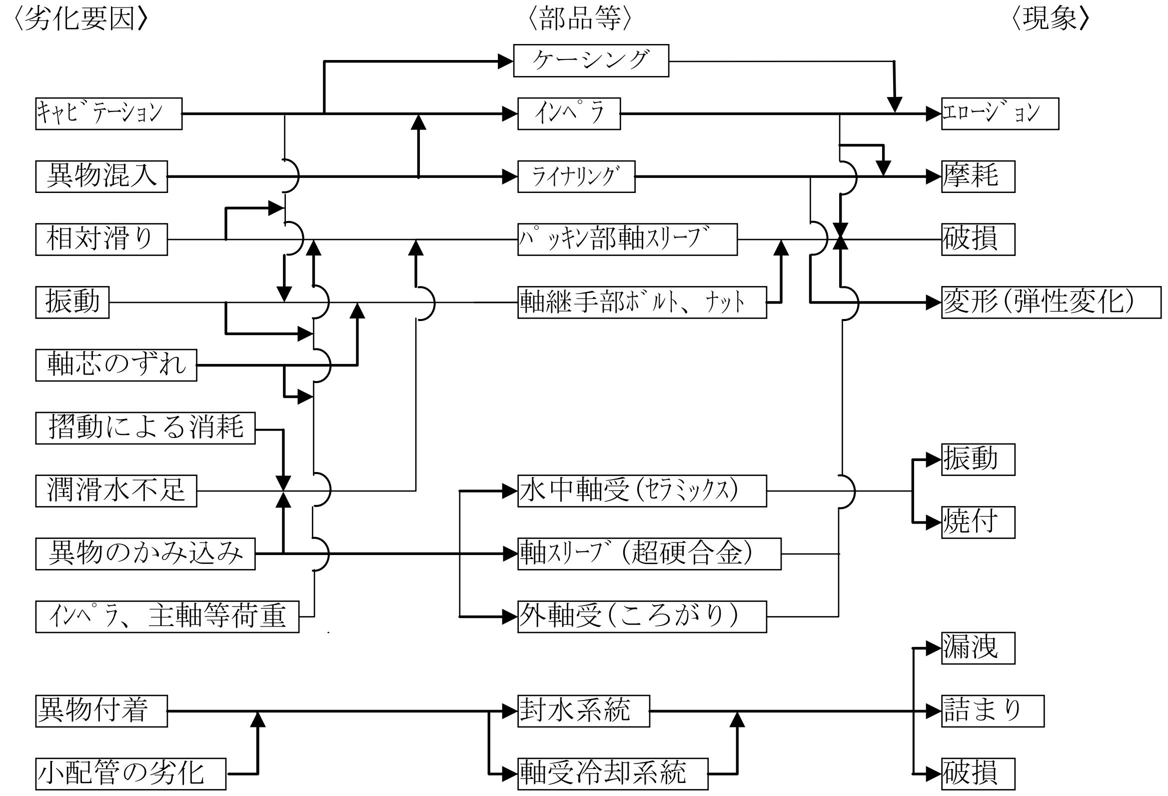


図1-18　立軸軸流・斜流ポンプの劣化例

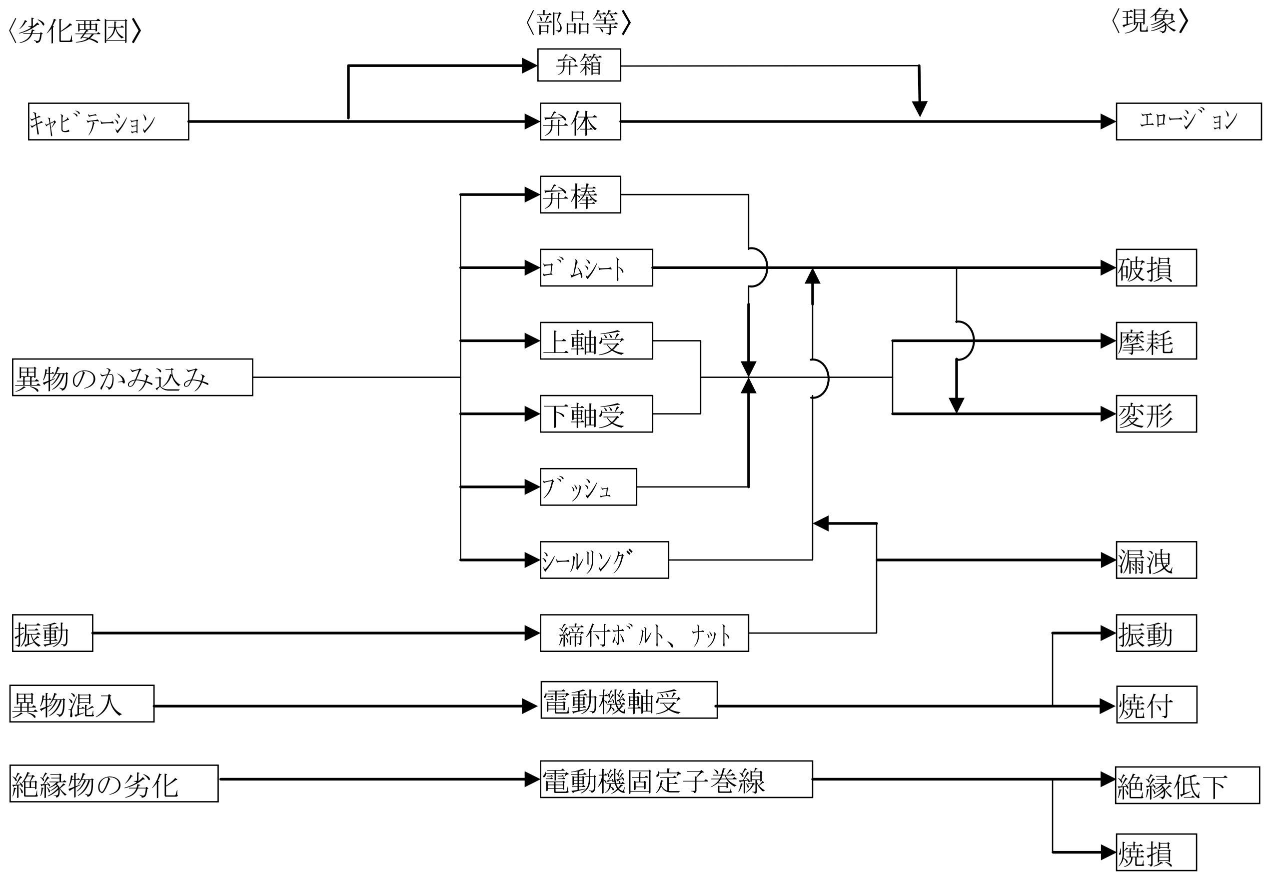


図1-19　電動バタフライ弁の劣化例

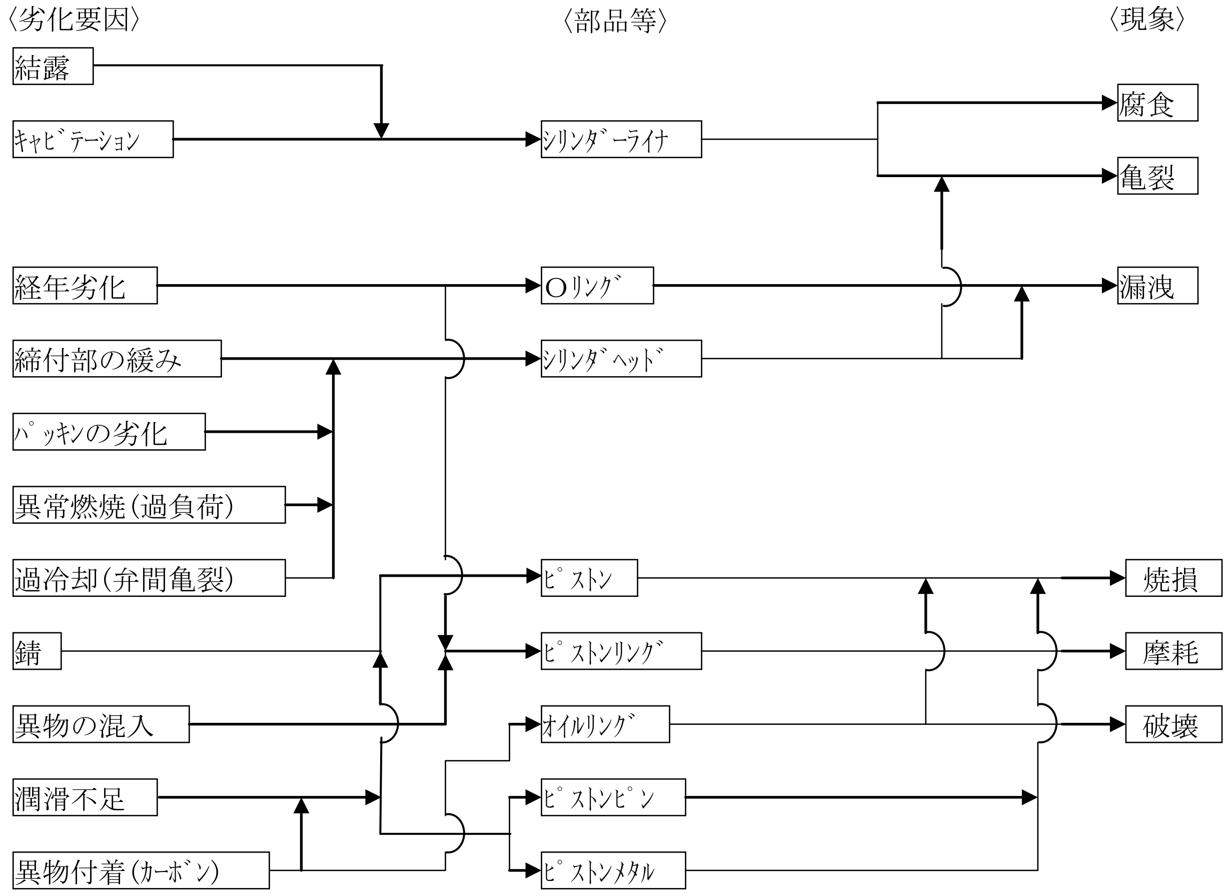


図1-20　ディーゼル機関主要部の劣化例

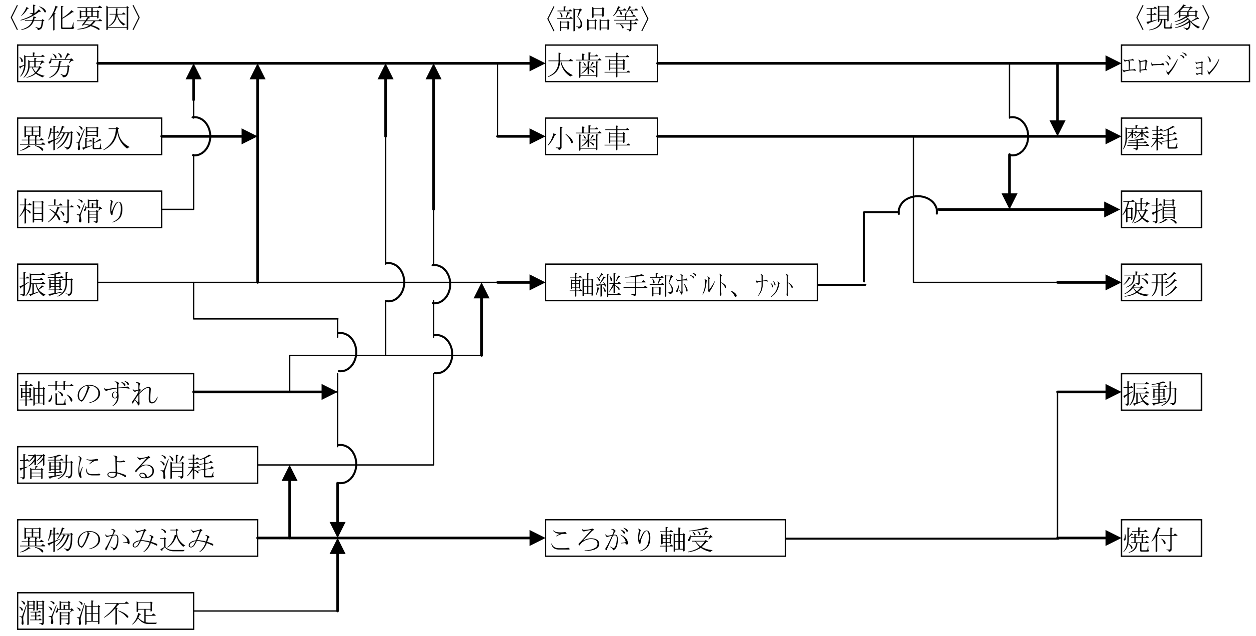


図1-21　直交軸歯車減速機の劣化例

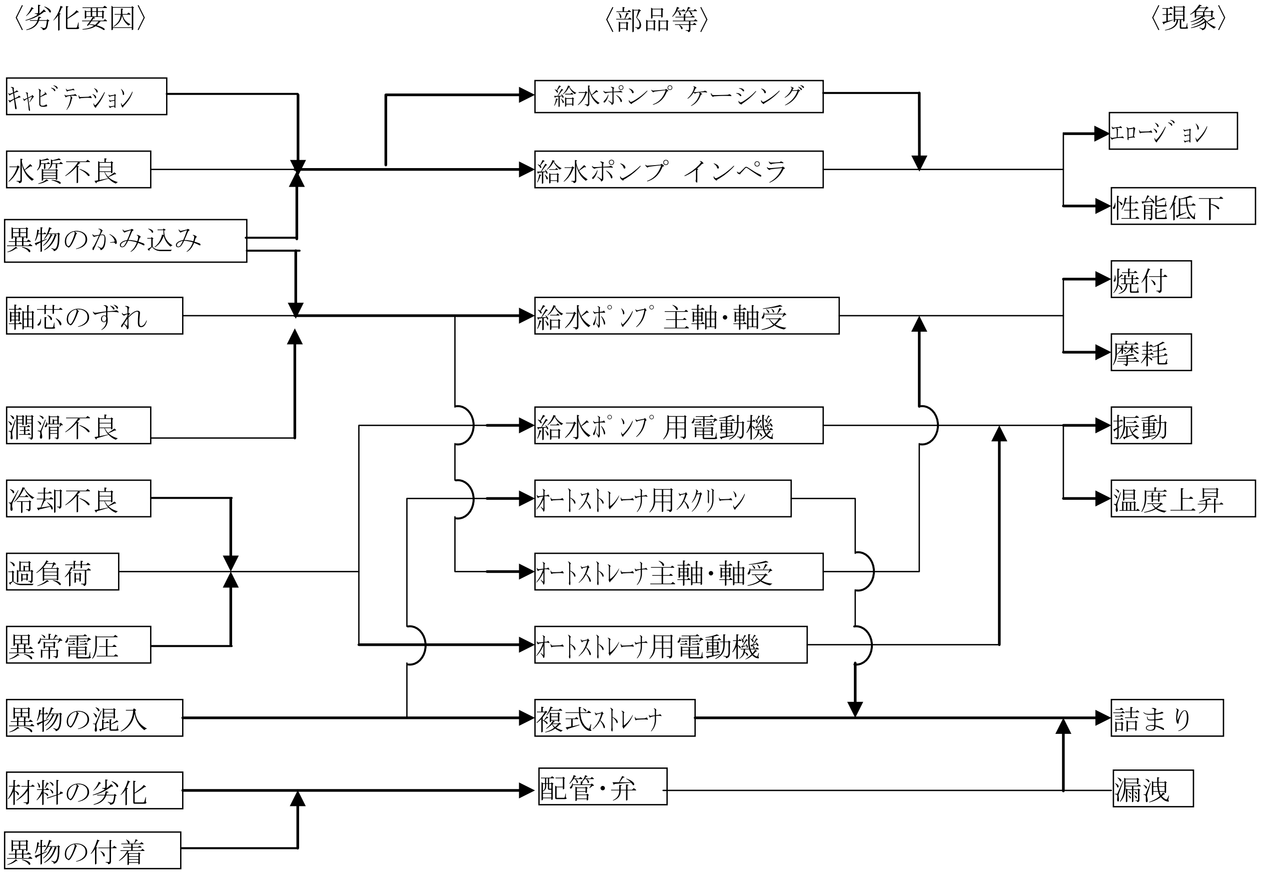


図1-22　補機設備：給水系統の劣化例

１．５　ポンプ設備の機能保全の流れ

ポンプ設備における機能保全は、日常点検に始まり、機能診断調査、機能診断評価を経て、保全対策や点検・整備計画等を含んだ機能保全計画を策定し、同計画に基づき機能保全対策の実施、再び日常点検、機能診断のサイクルを繰り返すという流れで実施される。

【解説】

ポンプ設備における機能保全計画策定までの、機能保全の実施手順を図1-23に示す。

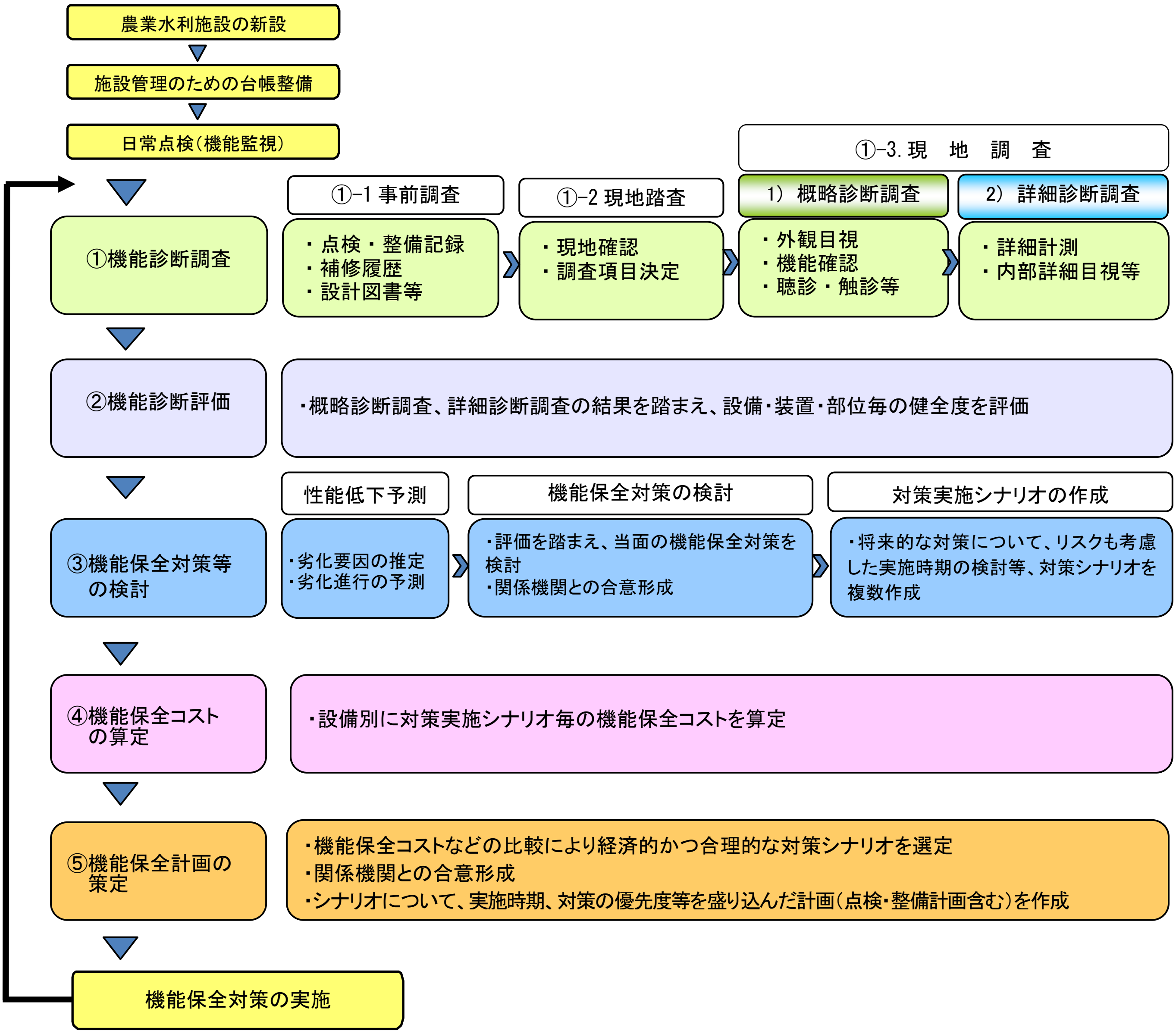


図1-23　機能保全の実施手順

第２章　機能診断調査

２．１　基本的事項

機能診断調査は、事前調査、現地踏査及び現地調査によってポンプ設備の性能レベル（健全度）を把握する目的で実施する。機能診断で実施する調査内容や手法の選定に当たっては、構成する機器毎の特性を踏まえ、調査の目的を明確にしたうえで、その目的に対応した最適な手段を選択する必要がある。

【解説】

（１）機能診断調査の基本的な考え方

機能保全では、設備が適正な性能レベルで管理されているかを判断し、性能レベルの低下がみられる場合は、レベルの低下に応じた機能保全計画（点検・整備計画を含む）を立案する流れとなる。このうち、性能レベル（健全度）を把握する目的として機能診断調査を実施する。（健全度については、**３．１機能診断評価の視点** を参照）施設管理者が行う点検では要求性能を満たしているか否かを判定するのに対し、機能診断では、どの程度要求性能を満たしているか、あるいはどの程度性能が低下しているかを判定する。このため、事前調査や現地踏査で健全度が判定できる場合（例えば設置後、数年程度の経過で日常管理でも異常がない設備や、適正な点検整備により履歴管理がなされており、健全度が明らかに高い（Ｓ－５、Ｓ－４）と判断できる場合は）現地調査を省略してもよい。

また、調査を行う際は、調査の結果により判定できる事実がもたらすコスト縮減やリスク回避といった価値と、調査に要する費用等が見合うものであるか、などの視点での検討も必要である。

なお、機能診断調査に係る情報は、一元化を図りデータベースとして蓄積するとともに、調査に当たっては、これらを施設の状態を把握するための基礎情報として活用する。

（２）機能診断調査の手順

ポンプ場の機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から以下の３段階を基本とし、ポンプ設備の構成要素毎の主要な劣化及び劣化特性を踏まえて、合理的に調査を実施する。詳細な流れは**図2-1**の機能診断調査の手順に示すとおりである。

① 資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査

② 設備の概況把握、仮設の必要性確認、現場の制約事項の確認等を行う現地踏査

③ 目視、計測等により定性的・定量的な調査を行う現地調査

１）事前調査

事前調査は、現地調査の実施方法の検討を目的とし、農業水利ストック情報などのデータベース等の参照、設計図書、点検整備記録、管理・故障・補修履歴等の文献調査、施設管理者からの聞き取り調査等により、機能診断調査のための基本的情報を収集する。

２）現地踏査

現地踏査は、技術的知見を持つ技術者が目視により対象施設を調査することで、劣化箇所

の位置、劣化の内容や程度、構造的に診断が不可能な箇所、現地調査に伴う仮設等の必要性などを概略把握し、現地調査の実施方法や調査範囲を具体的に検討することを目的とする。

３）現地調査

現地調査は、事前調査及び現地踏査の結果から、設備の重要度や経済性を踏まえて効率的な調査計画を検討し、現地において定性的・定量的な調査や診断を実施する。診断には、五感による目視・聴音等や簡易計測等の簡易診断による定性的な概略診断調査と、必要に応じ詳細計測等を行う定量的な詳細診断調査の流れで調査を行う。

なお、詳細診断調査には簡易内部診断と分解整備時の診断がある。（2.4 現地調査 参照）

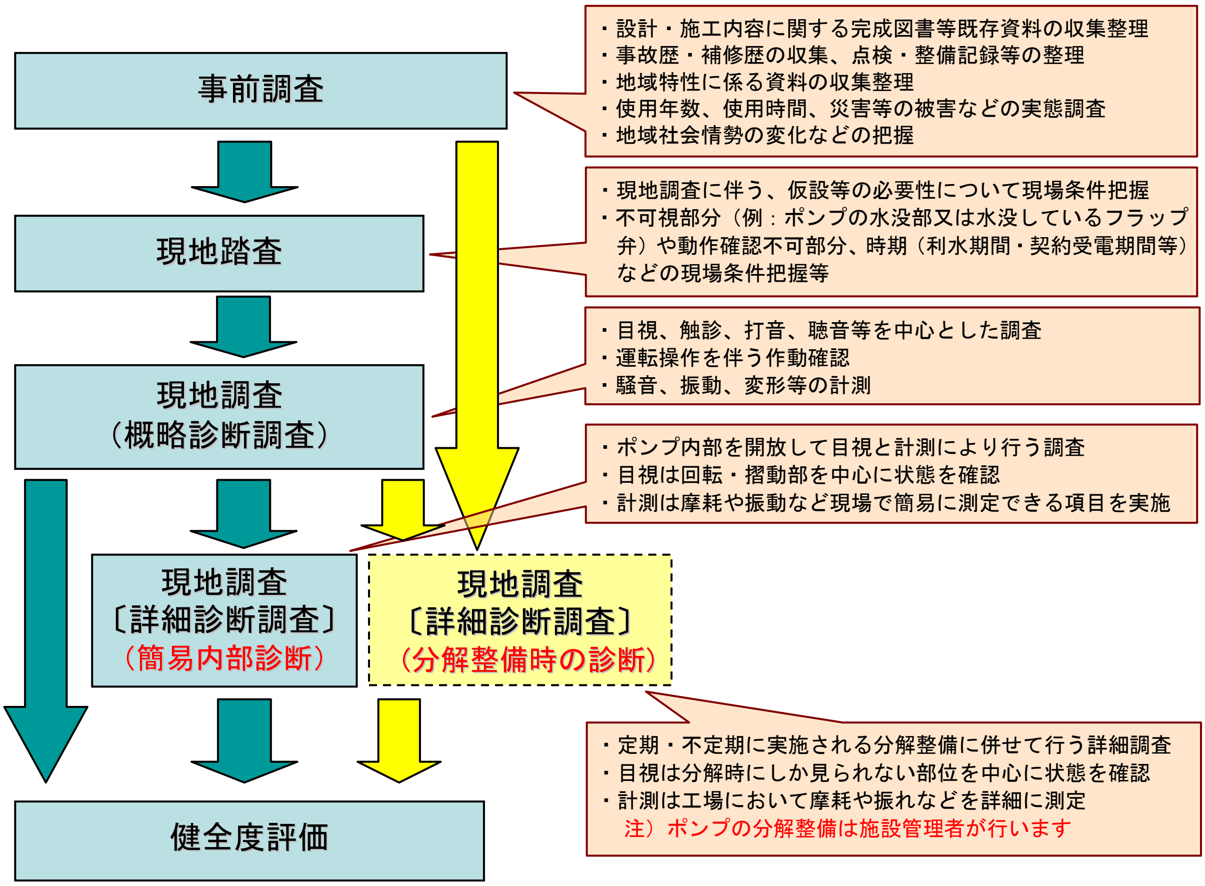


図2-1　機能診断調査の手順（標準的な例）

【ポンプ設備の機能診断調査実施手順についての注意点】

ポンプ設備の機能診断を行う場合、下記の例のように様々なケースが考えられることから、実施計画を立てる際にどのような手順で行うのが合理的か、施設管理者に内容や調査時期について確認を行うことが不可欠です。

ケース１　事前調査の段階で施設管理者がポンプの分解整備を実施する予定があることがわかった場合

現地踏査や現地調査を省略して、分解整備に併せてポンプ内部の詳細な調査を行い、健全度を評価する。

ケース２　竣工後の経過年数が浅く（参考耐用年数の1/2未満）、概略診断の結果健全度が高い（S-4）場合

簡易内部診断を省略して、概略診断結果と過去の点検記録等から改めて、健全度を評価する。

その他、比較的最近に分解整備を行った際の報告書がある場合や、概略診断の結果が比較的良好にも関わらず耐用年数を大幅に超過している場合などのケースでは、標準的な調査フローにとらわれずに施設の状況に応じた調査手順を作成することが必要です。

２．２　事前調査

事前調査では、設備の状況や問題点等を把握するために、施設管理者から事前に既存資料収集や聞き取り調査等を行う。これにより、現地での機能診断調査項目を決定し、健全度評価や劣化対策等に必要となる情報を収集・整理する。

【解説】

（１）既存資料の収集・整理

１）設計、施工内容に関する既存資料の収集・整理

設計、施工内容に関する調査では、施設管理者からポンプ場の設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（完成図、施工記録等）、施工方法、使用材料及び施工年月に関する資料、事業誌、工事誌並びに用地関係の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者及び施工者に対して聞き取り調査を行う。

特に、主ポンプのケーシング、ライナリング、インペラ、主軸スリーブ等の摩耗量の判定及び傾向管理による判定を行う場合、設置当初の計測値と対比する必要があることから、装置や機器の仕様・施工管理データを収録した当該設備の「完成図書」が必要となる。

また、設置後の運転記録(運転時間や計測機器の指示値及び故障データ含む)や今日まで設備に対して実施してきた機器・部品の交換、補修等の状況を把握できる「故障履歴情報」「補修・整備履歴情報」「運転操作記録」「点検・整備時の計測記録情報」等を収集するものとし、施設管理者からこれらの情報の聞き取りを行い整理するものとする。

主な調査項目は次のとおりである。

①ポンプ場の名称、所在地、設計者及び施工者

この項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聞き取り調査を行う。

②完成年月

設計図書、完成図書などから完成年月（施工時期）を調査する必要がある。劣化現象は経年的に進行する場合もあることから、完成後の経過時間を把握することにより、劣化要因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。

また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

③設計内容

設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（完成図、施工記録、取扱説明書等）から、構造物の用途・規模・構造等、当初の設計条件、荷重条件、地盤条件、部材条件等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、当初と現在の設計基準・規格内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準類により安全性の確認を行う。また、現地踏査及び現地調査結果と比較することにより、設計条件との違いを明らかにし、それにより劣化要因を想定することが可能となる。

④運転履歴・維持管理内容

施設機械設備の劣化は設備の運転時間、維持管理内容やその頻度に大きく影響されるた

め、運転記録や維持管理内容、運転頻度、保守整備費等の情報を収集する。

⑤電気設備の法定点検記録の活用

ポンプ場の電気設備が自家用電気工作物である場合、電気主任技術者を選任し、保安規程を作成後、保安規程に準じた点検を行なわなければならない（電気事業法第42・43条）。

対象となる電気設備は、受変電設備・配線設備・電線路・接地・負荷設備・自家用発電設備・避雷器などである。

一般的な点検区分は、月次点検（毎月の点検）や年次点検（年１回）などがあり、年次点検では、

１）高圧機器点検、清掃、端子増し締め

２）高圧・低圧回路絶縁抵抗測定

３）接地抵抗測定

４）電気使用場所の設備見回り点検

５）その他

などの点検及び報告が実施されている。

概略診断調査表では、各電動機の絶縁抵抗の測定項目があるが、高圧電動機の場合には安全上から施設全体の停電を行う必要があり、電気主任技術者等から電力会社に連絡し、引込柱の開閉器で通電を遮断した後、絶縁抵抗測定を行うことになる。一方、低圧電動機の場合には、当該箇所の停電だけで測定可能であるが、施設によっては、機器を１台ずつ停電させることができない場合もあるので、施設管理者と十分な協議が必要である。したがって、電動機の絶縁抵抗測定については、この法定点検記録を参考にして記入しても良いものとする。なお、法定点検記録を参考にするときは、過去の年次記録から絶縁抵抗値の傾向を把握することが大切である。

表2-1に測定記録書の事例を示す。

表2-1　絶縁・接地抵抗測定記録書の事例

1. 高圧絶縁抵抗

平成20年6月11日　天候　曇　気温28℃

測定箇所	電圧（V）	絶縁抵抗（MΩ）			判定	備　考
		18年度	19年度	20年度		
高圧一括	6,600	400	120	100	良	19,20年度、湿度大
ケーブル	6,600	100,000	100,000	100,000	良	10kV
ケーブルシース	―	100	100	100	良	
ＡＳ～ＯＣＢ二次側	6,600	1,000	150	800	良	
ＯＣＢ二次側	6,600	500	200	200	良	
200kVA動力変圧器	6,600	800	300	300	良	
3kV変圧器一次側	6,600	2,000	1,000	500	良	
3kV変圧器二次側	3,300	2,000	2,000	500	良	
3kV変圧器一、二次間	3,300	2,000	2,000	500	良	
3kV高圧電動機	3,300	1,000	1,000	500	良	

2. 低圧絶縁抵抗

平成20年6月11日　天候　曇　気温28℃

測定箇所	電圧（V）	絶縁抵抗（MΩ）	判定	備　考
動力主幹	200	1.5	良	
発電機	200	10	良	
Ｗスロー　二次側				
左より　1　250ＡＣＢ	200	20	良	
左より　2　75ＡＣＢ	200	20	良	
左より　3　400ＡＣＢ	200	0.3	良	
コントロールセンタ				20MΩ未満を記載
ＴＭ電源	100	10	良	
盤内照明	100	15	良	
照明主幹	100	10	良	不良個所除く
水位計	100	5.0	良	
引込	100	15	良	
制御電源	200	5.0	良	
自動除じん機	200	15	良	
電動ゲート	200	5.0	良	
コントロールセンタMg二次				20MΩ未満を記載
Ｎｏ.1冷却ポンプ	200	5.0	良	
Ｎｏ.3冷却ポンプ	200	10	良	
事務所電灯分電盤				
操作室外受口	100	0.01	不良	技術基準0.1以上
事務室和室受口	100	0.01	不良	技術基準0.1以上

3. 接地抵抗

平成20年6月11日　天候　曇　気温28℃

測定箇所	種類	接地抵抗（MΩ）	判定	備　考
区分開閉器の外箱	ＥＡ	1.5	良	
構内柱避雷器	ＥＡ	3.0	良	
区分開閉器用ＧＲ継電器	ＥＤ	8.1	良	
高圧機器外箱等	ＥＡ	共用1.9	良	
変圧器二次電路	ＥＢ	共用1.9	良	
低圧機器外箱等	ＥＤ	共用1.9	良	構内鉄骨も同じ
避雷器	ＥＡ	1.9	良	
発電機	ＥＤ	1.9	良	

（赤枠）：高圧絶縁抵抗の急激な低下及び低圧絶縁抵抗値が20MΩより大きく低下しているので経過観察が必要

２）事故履歴・補修履歴の収集整理

設備を良好な状態に維持し、適切な整備・補修方法を選定するためには、設備の故障や整備・補修の履歴を所定の様式により記録し、設備の機能・性能がどういう状態にあるかを絶えず把握しておく「履歴管理」が重要である。

整備・補修の履歴は、設備の機能状態、劣化状態等を定量的に把握するための基礎資料として可能な限り詳細に記録しておくことが必要であり、これらデータの変化や推移を見ることで異常の兆候をいち早く発見するのにも有効利用できるため、これらの情報を収集する。特に、経年劣化の推移を把握するためには、写真データが有効である。

履歴管理に必要な項目と内容については**表2-2**に示す。

表2-2　履歴管理に必要な項目と内容

項　　目	内　　　　容
点検・保守記録	日常、定期、臨時点検結果、外部委託の場合に要した費用
整備・補修記録	整備・補修内容、整備・補修年月日、補修交換部品等名称、 整備・補修に要した費用
故障・修理記録	故障部位、故障内容、故障原因、故障発生年月日、修理処置内容、交換部品等名称、修理年月日、修理に要した費用
運転記録	運転時間（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等）

３）地域特性に係る資料の収集整理

塩害等の水質環境、塵芥物等により劣化を促進させる地域特性が存在する場合は、これらを把握しておくことが必要である。

４）施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

施設管理者に対する問診事項としては、設備のどの部分に、どのような劣化や異常が発生しているかを基本とするが、可能な限り劣化の程度や水管理・保守上の課題、維持補修費用、ポンプ等の操作の実態等まで確認することが必要である。

劣化が顕在化している箇所では、設備改修の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。ポンプ設備は、運転期間や通電期間等の制約を受けることが多く、現地調査時にはポンプを稼働、停止させる必要があることから運転期間、停止可能期間（時間）、通電期間などを把握しておく。また、排水ポンプなど、機能診断時に吸込水位又は吐出し水位の低下により、ポンプ設備の運転ができないものについては、これまでの排水運転時に異常音等の問題の有無について施設管理者に確認しておく必要もある。施設管理者への問診は、通常、**表2-3～2-5**に示すような事前調査表（問診票）に施設管理者が定期的に記入し、それらの調査票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。

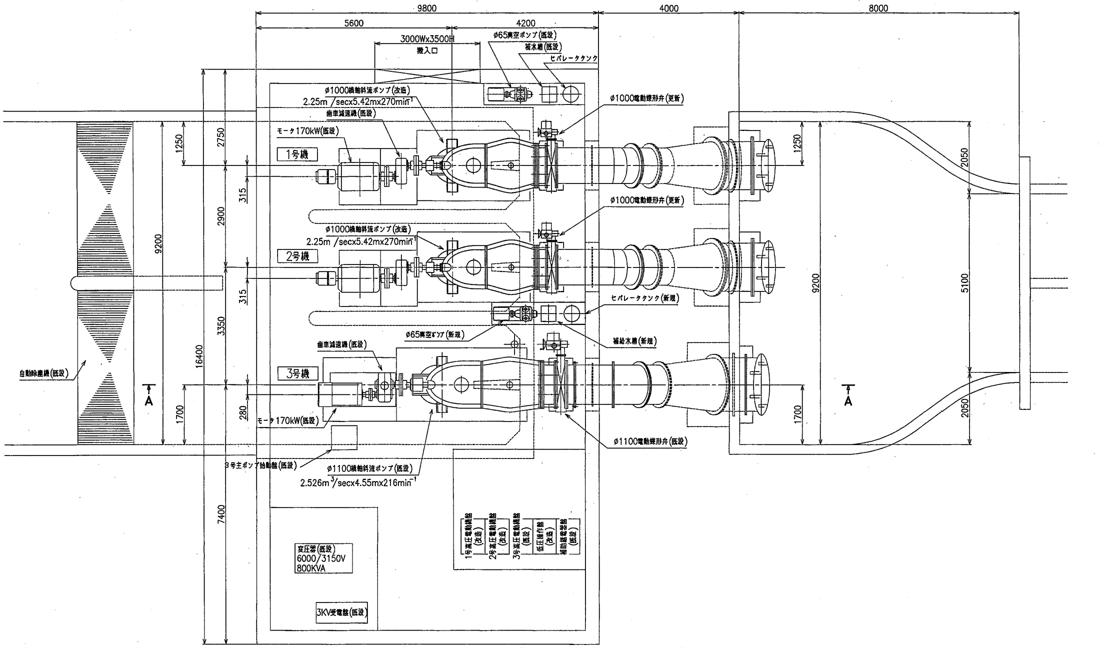
ポンプ場等のポンプ設備は、設置後、数十年経過している場合、ポンプ設備を取り巻く周辺環境も大きく変わっていることが多い。流砂や流木及び塵埃等の流下物や水質の変化、また、必要用水量の変化といった水利用形態等も、「機能保全計画書」作成時の更新手法や工法等の決定に重要な要素となるため、事前調査において把握する必要がある。

表2-3　ポンプ設備の事前調査表（設備概要）　記載例(1/3)

１．地区・設備の概要	
項　　目	内　　　容
事業名	国営　○○　農業水利事業
地区名	○○地区
ポンプ場名称	○○排水機場
設置場所	○○県○○市○○地区
管理者名	○○県○○土地改良区
施工業者名（保守業者含）	（株）○○製作所（保守業者：○○工業（株））
施工費用	○△　　千円
設置年月（供用年月）	昭和５６年２月（供用：昭和５６年３月）
設備概要（主要機器仕様）	①主ポンプ
	1,2号機：横軸斜流ポンプ　φ1000　Q＝2.25m^3/s/台
	3号機：横軸斜流ポンプ　φ1100　Q＝2.526m^3/s/台
	②主原動機
	1,2号機：高圧巻線形三相誘導電動機　170　kW
	3号機：高圧かご形三相誘導電動機　170kW
	③動力伝達装置
	1,2号機：平行軸歯車減速機　730　min^{-1}
	3号機：遊星歯車減速機　990　min^{-1}
	④補機設備
	真空ポンプ（1,2号機）：φ65、4.5m3/m、7.5kW
	封水ポンプ（1,2号機）：φ50、120ℓ/m、1.5kW
	⑤弁類
	1,2号機用：電動バタフライ弁（流量制御）　φ1000
	3号機用：電動バタフライ弁（流量制御）　φ1100
	1,2号機用：フラップ弁　φ1350
	3号機用：フラップ弁　φ1500
	⑥除じん設備
	背面降下前面掻揚式自動除じん機　B=4.4×H4.25m×3基
	スクリーン　　B=4.4×H4.25m×2面
	塵芥処理設備　水平・傾斜ベルトコンベア×１式
	⑦建屋　鉄骨造/S56

ポンプ設備全体図

【平面図】



ポンプ設備全景写真

２．点検・整備実績

実施年月	番号	対象機器	点検整備内容	実施者 (業者名等)	費用 (千円)
S62 年 9 月	①	主ポンプ(1,2,3 号機)	分解整備	㈱○○製作所	△千円
H8 年 11 月	②-1	主ポンプ(1 号機)	分解整備	〃	△千円
	②-2	真空ポンプ(1,2 号機)	補修	〃	
	②-3	封水ポンプ(1,2 号機)	補修	〃	
	②-4	電動機(1,2,3 号機用)	整備	〃	
H12 年 11 月	③	主ポンプ(2,3 号機)	分解整備	〃	△千円

３．機器・部品等の整備実績

実施年月	番号	対象機器	整備内容	事由	数量	費用 (千円)
S62年2月	④	真空ポンプ(1,2号機)	取替	劣化	各1台	△千円
H1年3月	⑤	除じん機(1,2号機用)	背面スクロット取替	劣化	２台	△千円
H2年3月	⑥	主ポンプ(1号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	１個	△千円
H5年11月	⑦	建屋	外壁、屋根補修	劣化	１式	△千円
H8年11月	⑧-1	主ポンプ(2号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	１本	△千円
	⑧-2		グランドスリーブ取替	劣化	１本	
	⑧-3	主ポンプ(3号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	１本	
	⑧-4		グランドスリーブ取替	劣化	１本	
H8年12月	⑨-1	電気設備	1号機用高圧電動機盤取替	劣化	１面	△千円
	⑨-2		2号機用高圧電動機盤取替	劣化	１面	
	⑨-3		3号機用高圧電動機盤取替	劣化	１面	
	⑨-4		低圧操作盤取替	劣化	１面	
	⑨-5		除じん機操作盤取替	劣化	１面	
	⑨-6		三相変圧器取替	劣化	１台	
	⑨-7		単相変圧器取替	劣化	１台	
H14年10月	⑩-1	除じん設備	除じん機（B4.4×H4.25)取替	劣化	２基	△千円
	⑩-2		ｽｸﾘｰﾝ（B4.4×H4.25)取替	劣化	２基	
	⑩-3		水平・傾斜ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ取替	劣化	各１基	
H15年2月	⑪-1	主ポンプ（3号機）	横軸斜流ﾎﾟﾝﾌﾟφ1100取替	劣化	１台	△千円
	⑪-2		減速機（3号機用）取替	劣化	１台	
	⑪-3		電動機（3号機用）取替	劣化	１台	
	⑪-4		吐出し弁（3号機用）取替	劣化	１台	
	⑪-5		浄水ポンプ取替	劣化	１台	
	⑪-6	電気設備	改造	劣化	１式	
H17年2月	⑫-1	主ポンプ（1,2号機）改造	水中軸受メタル取替	劣化	２個	△千円
	⑫-2		水中軸受カバー取替	劣化	２個	
	⑫-3		水中軸受スリーブ取替	劣化	２本	
	⑫-4		主軸取替	劣化	２本	
	⑫-5		シャフトナット取替	劣化	２個	
	⑫-6		オイルシール類取替	劣化	２個	
	⑫-7		ラジアル玉軸受取替	劣化	２個	
	⑫-8		スラストころ軸受取替	劣化	２個	
	⑫-9		水封式真空ポンプ取替	劣化	１台	
	⑫-10	電気設備	改造	劣化	１式	

４．故障・不具合の記録

発生年月日	故障原因	修理工期	故障前の兆候	内容	取替部品内訳	費用 （千円）

５．事故記録

発生年月日	原　　　因	内　　容	対応措置方法
H14年12月15日	異物の混入	ポンプの落水	ポンプの上ケーシングを開放して、異物を取り出す

６．管理・操作体制

７．その他特記事項

表2-4　ポンプ設備の事前調査表（設備概要）　記載例(2/3)

設置場所	設備名	機器名	年度 西暦	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
			元号	←				昭和				→	←													平成											→
			和暦	55	56	57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
			設置経過年		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
ポンプ室	ポンプ設備	1号主ポンプ									①			⑥						②								⑫									
											(△千円)			(△千円)						(△千円)								(△千円)									
		1号用減速機																																			
		1号用電動機																		②																	
		1号用吐出し弁																																			
		2号主ポンプ									①									⑧				③				⑫									
																				(△千円)				(△千円)													
		2号用減速機																																			
		2号用電動機																		②																	
		2号用吐出し弁																																			
		3号主ポンプ									①									⑧				③		⑪											
																										(△千円)											
		3号用減速機																								⑪											
		3号用電動機																		②						⑪											
		3号用吐出し弁																								⑪											
	小計																																				
	補機設備	1号真空ポンプ									④									②								⑫						機能診断			
											(△千円)									(△千円)																	
		2号真空ポンプ									④									②								⑫									
		1号封水ポンプ																		②																	
																				(△千円)																	
		2号封水ポンプ																		②																	
		浄水ポンプ																								⑪											
	小計																																				
	電気設備	電気設備																		⑨						⑪		⑫									
																				(△千円)																	
	小計																																				
屋外	除じん設備	1号除じん機											⑤													⑩											
													(△千円)													(△千円)											
		2号除じん機											⑤													⑩											
		1号用スクリーン																								⑩											
		2号用スクリーン																																			
		水平・傾斜ベルコン																								⑭											
	小計																																				
土木・建屋		建屋															⑦																				
																	(△千円)																				
	小計																																				
合計																																					

：整備及び分解整備を実施
：機器及び盤の更新を実施

番号	対象機器	点検整備内容
①	主ポンプ(1,2,3号機)	分解整備
②-1	主ポンプ(1号機)	分解整備
②-2	真空ポンプ(1,2号機)	補修
②-3	封水ポンプ(1,2号機)	補修
②-4	電動機(1,2,3号機用)	整備
③	主ポンプ(2,3号機)	分解整備

番号	対象機器	点検整備内容
④	真空ポンプ(1,2号機)	取替
⑤	除じん機(1,2号機用)	背面スクロット取替
⑥	主ポンプ(1号機)	水中軸受スリーブ取替
⑦	建屋	外壁、屋根補修
⑧-1	主ポンプ(2号機)	水中軸受スリーブ取替
⑧-2		グランドスリーブ取替
⑧-3	主ポンプ(3号機)	水中軸受スリーブ取替
⑧-4		グランドスリーブ取替
⑨-1	電気設備	1号機用高圧電動機盤取替
⑨-2		2号機用高圧電動機盤取替
⑨-3		3号機用高圧電動機盤取替
⑨-4		低圧操作盤取替
⑨-5		除じん機操作盤取替
⑨-6		三相変圧器取替
⑨-7		単相変圧器取替
⑩-1	除じん設備	除じん機（B4.4×H4.25)取替
⑩-2		ｽｸﾘｰﾝ（B4.4×H4.25)取替
⑩-3		水平・傾斜ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ取替
⑪-1	主ポンプ（3号機）	横軸斜流ﾎﾟﾝﾌﾟφ1100取替
⑪-2		減速機（3号機用）取替
⑪-3		電動機（3号機用）取替
⑪-4		吐出し弁（3号機用）取替
⑪-5		浄水ポンプ取替
⑪-6	電気設備	改造
⑫-1	主ポンプ（1,2号機）改造	水中軸受メタル取替
⑫-2		水中軸受カバー取替
⑫-3		水中軸受スリーブ取替
⑫-4		主軸取替
⑫-5		シャフトナット取替
⑫-6		オイルシール類取替
⑫-7		ラジアル玉軸受取替
⑫-8		スラストころ軸受取替
⑫-9		水封式真空ポンプ取替
⑫-10	電気設備	改造

表2-5　ポンプ設備の事前調査表（設備の現状）　記載例(3/3)

<table>
<tr><td>整　理　番　号</td><td colspan="2">001</td><td>調査年月日</td><td>平成○年○月○日</td></tr>
<tr><td>地　　区　　名</td><td colspan="2">○○地区</td><td>記　入　者</td><td>○○　○○</td></tr>
<tr><td>施　　設　　名</td><td>○○排水機場</td><td>前回分解点検実施年月日</td><td colspan="2">平成○年○月○日</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">項　目</th><th>異常の有無、内容※1</th><th>異常箇所※2</th></tr>
<tr><td rowspan="12">構造上の劣化</td><td rowspan="2">主ポンプ</td><td>1. 異常有り
①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等）
②異常な振動・音が発生している
③軸受が過熱されている
④油・グリースが漏れている
⑤水漏れしている
⑥その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>【特記】</td></tr>
<tr><td rowspan="2">電動機
(内燃機関)</td><td>1. 異常有り
①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等）
②異常な振動・音が発生している
③軸受が過熱している
④油・グリースが漏れている
⑤異臭がする
⑥その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">【特記】</td></tr>
<tr><td rowspan="2">補機類</td><td>1. 異常有り
①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等）
②異常な振動・音が発生している
③軸受が過熱している
④油・グリースが漏れている
⑤異臭がする
⑥その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td>真空ポンプ2号機の補水槽</td></tr>
<tr><td colspan="2">【特記】</td></tr>
<tr><td rowspan="2">弁類</td><td>1. 異常有り
①正常に機能していない（弁が完全に閉まらない等）
②老朽化が著しい（弁座からの漏水等）
③操作性が低下している（操作力が異常に大きい等）
④その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">【特記】</td></tr>
<tr><td rowspan="2">電気機器</td><td>1. 異常有り
①外観に異常が見られる（盤面及び盤内機器変色等）
②計器類が正常に作動しない
③異常な振動・音が発生している
④過熱による異常が見られる（絶縁物劣化、変形、ひずみ等）
⑤異臭がする
⑥その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td></td></tr>
<tr><td>【特記】</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">吐出し量・揚水量</td><td>1. 異常有り
①所定の吐出し量が確保できない
②吐出し量が安定しない（管理が難しい）
③その他の異常が見られる（　　　　　　　　　　　）
2. 異常無し</td><td></td></tr>
<tr><td>【特記】</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">定期点検実施の有無</td><td>1. 定期的に実施（前回実施日：H18年8月30日）点検・整備記録の有無
（周期：○○に1回）
2. 不定期に実施（前回実施日：H○年○月○日）
3. 未実施</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">【特記】
毎日の巡回（外観）、定期点検計画に基づき実施している。</td></tr>
</table>

※1：異常の有無、内容は、該当する番号に○印をつける。
※2：異常箇所は、発生している位置を記入する。（例　１号ポンプ軸受）

２．３　現地踏査

現地踏査では、現地調査の実施手順等を決定するために、事前調査で得られた情報をもとに現地にて、現場条件などの必要な事項を把握する。

【解説】

事前調査で得られた情報をもとに、現地を踏査して設備一式を観察することを原則とする。劣化箇所の位置や劣化の内容、程度を概略把握し、現地調査箇所、調査項目、調査方法を決定する。現地踏査は、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者と一緒に実施することが望ましい。

現地踏査では、運転中の状況確認が非常に重要であるため、調査の実施時期について、施設管理者と十分な調整が必要である。

（１）踏査方法

①目視により設備全体を観察し、劣化の有無や劣化の内容・程度を概略把握する。

②劣化要因把握のため、水質など周辺の環境条件等を調査する。

③現地調査に先がけて、不可視部分の確認や、仮設の必要性の有無、動作確認に必要な電源の確保の可否、診断可能時期、圧力計等の計器類の正確性などの把握を行う。

（２）現地踏査時の問診

現地踏査時に施設管理者及び操作員に対して行うポンプ設備の問診例として、ポンプ設備の現地踏査表の記載例を表2-6に示す。

なお、現地踏査では、定量計測等の現地調査が可能かどうかを確認する。

特にポンプのケーシング開放、通水による運転の可否と、運転が可の場合は許容時間を確認することも重要である。

表2-6　ポンプ設備の現地踏査表　記載例

<table>
<tr><td>整理番号</td><td>○○○</td><td>調査年月日</td><td>平成○○年○○月○○日</td></tr>
<tr><td>地区名</td><td>○○地区</td><td>記入者</td><td>○○　○○</td></tr>
<tr><td>施設名</td><td>○○排水機場</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>写真整理 No.</td><td colspan="3">No.○-○～○-○</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="4">異常等現地確認</td><td>設備名称</td><td></td></tr>
<tr><td>異常の内容（現地確認）</td><td>前の問診調査内容に追加等なし</td></tr>
<tr><td>設備名称</td><td></td></tr>
<tr><td>異常の内容（現地確認）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">環境条件</td><td>堆砂状況</td><td>特に問題なし</td></tr>
<tr><td>水質状況</td><td>排水路のため、水は濁っている</td></tr>
<tr><td rowspan="2">その他</td><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">仮設の必要性</td><td>吊上げ設備</td><td>天井走行クレーンが設備されており、特に必要ない。</td></tr>
<tr><td>足場</td><td></td></tr>
<tr><td>水替工</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">その他</td><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">診断時期</td><td>受電期間</td><td>通年受電</td></tr>
<tr><td>通水の可否</td><td>通年通水可能</td></tr>
<tr><td>診断時期</td><td>非かんがい期で 10 月～3 月なら診断可能。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">現場条件の制約事項</td><td>動作確認の可否</td><td>通年受電のため動作確認は非かんがい期においても可能。</td></tr>
<tr><td>不可視部</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">その他</td><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">必要な安全対策</td><td colspan="2">一般的な安全対策を適用すればよい。</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">特記事項：　　　特に無し</td></tr>
</table>

２．４　現地調査

現地調査では、事前調査・現地踏査で得られた結果等を勘案して、調査項目及び調査内容を設定し、目視や計測等により劣化の程度を定性的、定量的に把握する。 現地調査を実施するにあたり、現場条件により制約を受ける場合においても、可能な限り、効率的な調査を行い設備の健全度の把握に努める必要がある。

【解説】

土地改良施設を有効に利用するためには、設備の長寿命化や保全コストの低減、更には更新をいかに合理的・経済的に実施するかが重要である。

そのためには、設備の機能診断調査を行い、余寿命を把握し、その結果をもとに有効な保全対策を検討することが必要である。

設備の機能診断調査は、当該時点での設備の機能・性能がどの程度の状態になっているのかを判断するものであり、これらの結果より、余寿命を推定し、異常あるいは故障に関する原因及び将来への影響を予知・予測するものである。設備の診断は、五感や簡易な計測などによる概略診断調査、必要に応じ専門技術者が行う詳細診断調査とレベルを高めていく方法をとる。

なお、詳細診断には、現地で簡易的に内部を診断、計測する「簡易内部診断」と定期的な分解整備等に合わせて詳細診断を行う「分解整備時の診断」の２種類がある。

現地調査を行う場合、写真管理を行っておくと、経年劣化の進行状況や、専門家などへ意見を求める場合に有効である。

また、現地調査で、ポンプ操作を伴う調査を行う場合は、管理規程等を遵守する必要がある。その他留意点として、ポンプ設備は、様々な種類の装置・機器で構成されており、詳細な診断を行うより取り替えてしまう方が経済性、信頼性の面で有利となる場合があるため、診断結果から求めるものが診断コストに見合うものか十分な検討が必要である。この場合、あらかじめ各装置・機器類の納入期間等も調べておくとよい。

（１）概略診断調査

目視、触覚、聴覚等、人間の五感による判断と付属計器類の指示値、簡易計測器の測定値等、日常・定期点検記録や整備・補修記録及び運転操作記録等から異常の有無の確認が主な作業内容となる診断である。概略診断調査において問題がみられなくても、回転体の摺動部など、経年変化や使用時間に伴って摩耗する部位について、定期的な交換や点検・整備がなされていないなど、健全度の把握ができない場合は詳細診断調査に移行する。

ポンプ設備における異常音などの判断は、通常維持管理時の正常時の音と比較し、相対的な判断を要するため、施設管理者を伴う診断が必要となる。

（２）詳細診断調査

設備・機器・部材の状態について、専門技術者が行う調査であり、計測器等を用いた定量的調査や定性的調査の総合判断によって、劣化の程度（原因）の判定を行うものである。

分解整備時に併せて詳細診断調査を行うことにより摩耗の進行速度や余寿命等を予測でき、適切な修理・交換時期の判断が可能となるため、施設管理者と十分調整したうえで診断計画を

立てることが有効である。

また、簡易内部診断調査でケーシングの開放作業を行う場合、天井クレーンを使用するが、操作に当たっては床上操作式クレーン運転技能講習を受けていることが必要となり、機器・部材の吊り上げ等には玉掛けの資格が必要となることに留意する。

このことから調査にあたり資格取得又は資格取得者の配置を検討する。

それぞれの診断調査表の例を表2-7～2-9に示す。

（３）不可視部分等の取り扱い

設備の現場条件によっては、点検や機能診断調査が行えない不可視部分（部位）がある。その不可視部分に関して別の診断方法による評価を行う。

１）動作確認不可時の取扱い

用水機場のように、季節受電を行っているポンプ設備では、契約期間外には運転ができないため、運転音、合わせ面水漏れ、グランド部水漏れ状態確認、振動、騒音、軸受温度の計測などができない。この場合は、契約期間内に調査を行うことが望ましいが、それができない場合には、施設管理者に直近の運転状態や分解点検整備記録などの聞き取りを行い調査を進める。

また、用水確保ができない場合であっても、同様の調査を行うものとする。

２）不可視部分の取扱い

立軸ポンプの据付床より下部や水中ポンプなど常時水没して外観調査が不可能な場合、あるいは、フラップ弁の外観、打診、開閉調査などができない場合には、施設管理者に直近の運転状態や分解点検整備記録などの聞き取りを行い調査を進め、調査データの整理を行う。

３）詳細診断調査の留意事項

①流量計が設置されていない用・排水機場のポンプ性能の確認について

（ａ）締切運転が可能なポンプ設備：現地試運転時の締切圧力と比較して、吐出し量＝０（ゼロ）における性能確認（全揚程）を行う。本調査に当たっては、施設管理者への聞き取り、電動機の回転速度、電力消費量、全揚程、流量を日常管理で記録しておくことが性能確認の把握に有効である。

（ｂ）締切運転が不可能なポンプ設備：圧力計などからの全揚程計測は不可能であるため、施設管理者に聞き取りを行うと共に、直近の運転状態のデータや分解点検整備記録などを活用し、調査データの整理を行う。

②電動機の絶縁抵抗測定について

絶縁抵抗測定時には、ポンプ場を全停電にした状態で行うため、停電・復電作業方法、調査時の運転、復旧、復旧後の確認等の方法について施設管理者と十分な調整を行い、トラブルが発生しないよう留意する必要がある。

停電・復電作業は施設管理者から、電気主任技術者等へ作業を依頼する。調査時に全停電ができない場合には、絶縁抵抗の測定ができないため、直近の法定点検記録書等のデータを活用し、調査データの整理を行ってもよい。

表2-7　渦巻ポンプ　概略診断調査表の例

表5.2.1　渦巻きポンプ　概略診断調査表・健全度評価表

施設名			コードNo.	
用途			調査者氏名	
機器名称			調査年月日	
号機名			仕様	
製造者				
製造番号				
製造年			運転時間	総計：約　時間,　年平均：約　時間

装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	調査結果 項目別健全度	調査結果 部位別健全度	調査項目No. 注2
主ポンプ	渦巻ポンプ	本体	A	全般	35		運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運			2
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運			3
		ケーシング部	A	ケーシング（上、下）	35		ひび割れ亀裂	A	目視	ひび割れ、亀裂の程度	運・停			11
							腐食	A	目視	腐食の程度	運・停			11
				ケーシングの塗装	5		塗膜	C	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停			17
				ケーシングの合わせ面	35		水漏れ	A	目視	水漏れがないこと	運・停			8
		主軸・インペラ部	A	主軸	20		回転の状態	A	指触	手回しができること	停・断			9
		軸受部	A	軸受（ころがり軸受又はすべり軸受）注3	5年又は10年		振動	A	計測	基準値以下であること	運			12
							温度	A	指触・計測	手で触れられること（周囲温度(+)40℃以内であること）	運			16
							油漏れ	A	目視	油漏れがないこと	運・停			7
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停			4
		軸封部	B	グランドパッキン	2		水漏れ	B	目視	異常な水漏れがないこと グランド部のドレン受け部が乾いてないこと	運			8
		軸継手部	A	軸継手	35		芯振れ	A	計測	芯振れ等が基準値以下であること	停			15
		ベース部	A	全体	35		塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停			17
	【記事】													

注１：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
注２：調査項目No.とは、参考資料編の調査項目の番号である。
注３：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。

表2-8　渦巻ポンプ　詳細診断調査表（簡易内部診断）の例

表 5.2.2　渦巻ポンプ　詳細診断調査表（簡易内部診断）・健全度評価表

施設名		コードNo.	
用途		調査者氏名	
機器名称		調査年月日	
号機名		仕様	
製造者			
製造番号			
製造年		運転時間	総計：約　時間,　年平均：約　時間

装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	上ケーシング開放時調査項目	調査結果		調査項目No. 注2
													項目別健全度	部位別健全度	
主ポンプ	渦巻ポンプ	本体	A	全般	35		運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運				2
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運				3
		ケーシング部	A	ケーシング（上、下）	35		損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
				ケーシングの塗装	5		塗膜	C	目視（聴覚）	さび・ふくれ・われ・はがれの程度（ふくれはﾊﾝﾏﾘﾝｸﾞによる打撃音で確認できる）	停	○			17
				ライナリング	10		摩耗	A	計測	インペラとの隙間が当初設計値の３倍までであること	停	○			21
							腐食	A	目視	ガタツキがある場合は許容不可	停	○			11
		インペラ・主軸部	A	インペラ	20		摩耗	A	計測	ケーシングとの隙間が当初設計値の３倍まで	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
				インペラリング	10		摩耗	A	計測	ライナリングとの隙間が当初設計値の３倍まで	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
				主軸	20		腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	A	目視・計測	ガタツキがある場合は許容不可	停	○			22
				スリーブ（パッキン部）	10		腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	A	計測	設計時の外径に対する割合	停	○			22
		軸受部	A	軸受（ころがり軸受又はすべり軸受）注3	5年又は10年		振動	A	計測	基準値以下であること	運				12
							温度	A	指触（温度計）	手で触れられること（周囲温度(＋)40℃以内であること）	運				16
							油漏れ	A	目視（油面計）	油漏れがないこと	運・停				7
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停				4
		軸封部	B	パッキン押さえ	35		摩耗	B	目視	主軸やスリーブとの接触跡の程度	停				22
							腐食	B	目視	腐食の程度	停				11
				封水ﾘﾝｸﾞ ﾈｯｸﾌﾞｯｼｭ	35		腐食	B	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	B	目視	スリーブとの接触跡の程度	停	○			22
		軸継手部	A	軸継手	35		摩耗	A	目視	ガタツキがある場合は許容不可	停				11
							変形・ひび割れ	A	目視	ゴムの変形・ひび割れの程度	停				11
		ベース部	A	全体	35		塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停				17
	【記事】														

注１：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
注２：調査項目No.とは、参考資料編の調査項目の番号である。
注３：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。
注４：簡易内部診断時には、ポンプケーシング合わせ面のシートパッキン及び軸封部のグランドパッキンは交換するものとする。

表2-9　渦巻ポンプ　詳細診断調査表（分解整備時の診断）の例

表 5.2.3　渦巻ポンプ　詳細診断調査表（分解整備時の診断）・健全度評価表

施設名		コードNo.	
用途		調査者氏名	
機器名称		調査年月日	
号機名		仕様	
製造者			
製造番号			
製造年		運転時間	総計：約　時間,　年平均：約　時間

装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	分解整備時調査項目	調査結果 項目別健全度	調査結果 部位別健全度	調査項目No. 注2
主ポンプ	渦巻ポンプ	本体	A	全般	35		運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運				2
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運				3
		ケーシング部	A	ケーシング（上、下）	35		損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
							腐食	A	計測	製作時肉厚に対する割合（制作時肉厚が不明な場合、今後定点観測）	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
				ライナリング	10		摩耗	A	計測	インペラとの隙間が当初設計値の３倍までであること	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食によりガタツキがある場合は許容不可	停	○			11
		インペラ・主軸部	A	インペラ	20		摩耗	A	計測	主軸との嵌合隙間が設計値以内	停	○			21
							摩耗	A	計測	製作時肉厚に対する割合（制作時肉厚が不明な場合、今後定点観測）	停	○			21
										ケーシングとの隙間が当初設計値の３倍まで	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
				インペラリング	10		摩耗	A	計測	ライナリングとの隙間が当初設計値の３倍まで	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
				主軸	20		芯振れ	A	計測	主軸の芯振れが許容値まで。超える場合は曲がり直し	停	○			15
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	A	目視、計測	ガタツキがある場合は許容不可	停	○			22
							変形	A	目視	ねじ摩滅、変形等の程度	停	○			11
				スリーブ（パッキン部）	10		腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	A	計測	設計時の外径に対する割合	停	○			22
		軸受部	A	軸受箱	35		変形	A	目視	シール性を損なう傷や変形、軸受に無理な力がかかるような変形の程度	停	○			11
							摩耗	A	目視	軸受の転動、叩かれ等の形跡の程度	停	○			11
				軸受（ころがり軸受又はすべり軸受）注3	5年又は10年		振動	A	計測	基準値以下であること	運				12
							温度	A	指触（温度計）	手で触れられること（周囲温度(＋)40℃以内であること）	運				16
							油漏れ	A	目視（油面計）	油漏れがないこと	運・停				7
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停				4
							損傷	A	目視	傷、熱負荷、過剰加圧の程度	停	○			11
		軸封部	B	パッキン押さえ	35		摩耗	B	目視	主軸やスリーブとの接触跡の程度	停	○			22
							腐食	B	目視	腐食の程度	停	○			11
				封水ﾘﾝｸﾞﾈｯｸﾌﾞｯｼｭ	35		腐食	B	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	B	計測	スリーブとの接触跡の程度（深さ）	停	○			22
		軸継手部	A	軸継手	35		摩耗	A	目視	ガタツキがある場合は許容不可	停				11
							変形・ひび割れ	A	目視	ゴムの変形・ひび割れの程度	停				11
		ベース部	A	全体	35		塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停				17
	【記事】														

注１：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
注２：調査項目No.とは、参考資料編の調査項目の番号である。
注３：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。
注４：分解整備時には、ポンプケーシング合わせ面のシートパッキン及び軸封部のグランドパッキンは交換するものとする。

補足）施設管理者又は造成者が分解整備を予定している場合、上記表を記入することが望ましい。

第３

章　機能診断評価

３．１　機能診断評価の視点

機能診断評価は、構成する設備の部位毎に行うことを基本とし、機能診断調査の結果から設備・装置・部位の性能低下状態やその要因を把握し、設備・装置・部位の健全度を総合的に判定し、性能維持や機能保全計画策定のために行う。

【解説】

機能診断調査より得られた結果をもとに健全度評価を行い、性能レベルが低下しないように施設管理者に対し助言を行い、点検・整備を通じ性能維持に努めてもらう必要がある。

また、性能低下が著しく、経済性からも性能維持が困難な場合など、更新に向けた判断指標として、健全度を把握する必要がある。表3-1に施設機械設備における健全度ランクの区分を示す。

表3-1 施設機械設備における健全度ランクの区分

健全度ランク	健全度ランクの定義	現象例	対応する対策の目安
S-5	・異常が認められない状態	・新設時点とほぼ同様の状態で外観、機能上の変状、劣化が認められない状態	対策不要
S-4	・軽微な劣化がみられる場合においても、機能上の支障は無い状態	・軽微な腐食や摩耗が認められる場合においても、振動や軸受の温度上昇などの調査結果が評価基準値内であり、機能上の支障は無い状態	継続監視 （予防保全含む）
S-3	・放置しておくと機能に支障がでる状態で、劣化対策が必要な状態	・振動や摺動部の摩耗などの調査結果が評価基準値を超過するなど、劣化対策が必要な状態	劣化対策
S-2	・機能に支障がある状態 ・著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	・振動や摺動部の摩耗などが許容できないレベルに達し、設備が機能停止に至るおそれがある状態	至急 劣化対策
S-1 ※	・設備等の信頼性が著しく低下しており、補修では経済的な対応が困難な状態 ・近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態 ・本来的機能及び社会的機能における性能が総合的に著しく低下している状態	・調査の結果、ケーシングやインペラなど重要部位等のＳ－３、Ｓ－２評価が多く、装置又は設備単位で更新した方が経済的に有利な状態。 ・主電動機のブラシが生産中止になるなど、代替品の入手が困難かつ至急対策が必要な状態	更新 （全体・部分）

※S-1の評価については、設備又は装置の健全度評価で適用

（１）健全度の考え方

機能診断調査の結果から、現状の性能レベルを健全度という指標で判定する。健全度は、低い状態から高い状態へＳ－１からＳ－５で示し、Ｓ－４を劣化対策要否判定の基準レベル（要求性能が満足されている状態）とする。

性能管理においては、日常管理における点検・整備を通じて、健全度をＳ－４レベルに維持することを基本とし、Ｓ－１からＳ－３の健全度と判定された場合は、性能レベルを回復するための対策を講じる必要がある。

ただし、Ｓ－３の健全度と判定された場合については、維持管理コスト等の問題により早急な対策実施が困難な場合、点検・監視を強化するなどして健全度が急激に変化しないことを確認するという条件で、対策実施までの供用を許容する。この点で、Ｓ－５～Ｓ－３までを性能管理の範囲とする。なお、Ｓ－２については、これを許容せず直ちに対策を施すこととする。

Ｓ－１評価については、安全性等の構造的な面のみでなく、維持管理費などの経済性、修復性や環境性なども加味する必要がある。このため、機能保全対策では、性能低下に伴う維持管理費の経年増加や部品等の陳腐化による入手困難性、その他老朽化による周辺景観への影響等の環境適合性などの情報を加味し、適切な更新計画を立案することが重要である。Ｓ－１評価の検討要素については、本来的機能は現地調査等、社会的機能は事前調査等により把握し、長期シナリオへ反映する。

時系列変化で観た健全度の関係は図3-1に示すとおりである。また、Ｓ－１（更新判断）評価の主な検討要素を表3-2に示す。

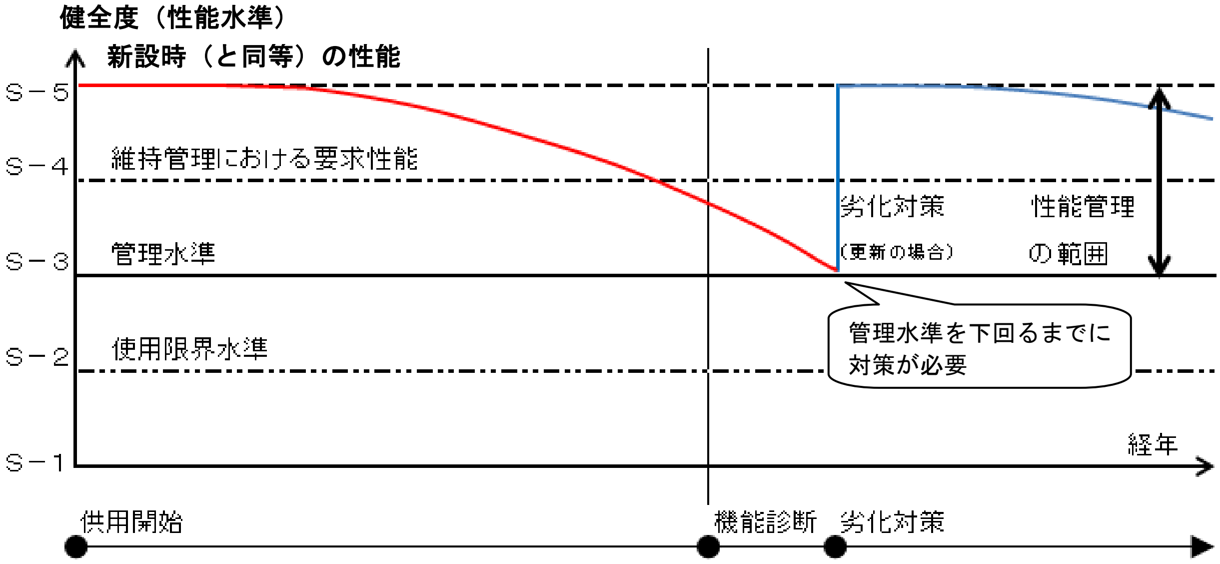


図3-1　時系列変化で観た健全度

表3-2　Ｓ－１評価の際の要求性能レベルの検討要素

力学的安全性	水圧・内圧等の荷重に対する耐荷性、耐震性（変形・損傷、応力照査等）
修復性	機器等の陳腐化による入手困難性
経済性	維持管理費の経年増加、土木施設更新、施設管理者の財政状況
環境性	周辺環境への影響等の環境適合性
維持管理性	管理の後継者、人員数等管理体制環境の変化

３．２　設備・装置・部位の健全度評価

ポンプ設備の健全度は、設備・装置・部位毎に各々評価する。複数の部位・装置の健全度・劣化要因をもとに装置や設備の健全度を総合的に評価する場合には、設備全体の機能に及ぼす影響度、性能低下を進行させるより支配的な劣化要因などを考慮して、適切に評価する。

【解説】

施設を構成する設備・装置・部位の健全度の評価に当たっては、「３．１ 機能診断評価の視点 表3-1 施設機械設備における健全度ランクの区分」に示す内容を参考に評価を行う。

部位評価において異なる健全度が混在する場合は、部位の重要度や劣化の影響度などを加味し、性能低下を進行させる支配的な要因を抽出し、健全度ランクの低いものを代表とし、Ｓ－３、Ｓ－２の評価数やエンジニアリングジャッジなどを含め、装置の健全度とするなど工夫するとよい。（図3-2参照）

なお、Ｓ－５からＳ－２の評価においては、現地調査により劣化等の程度を本来的機能における性能の低下レベルで評価する。また、更新の要否を決定するＳ－１評価においては、本来的機能に加え、社会的機能における設備の総合的な要求性能の低下を加味して評価を行う。この際、設備に求める要求性能は地区毎に異なるため、地区の実情を把握し要求性能レベルを設定する。

劣化の影響度は、表3-3に示すように調査項目の劣化内容が、部位にとってどの程度影響を及ぼすかを３ランクに区分する。

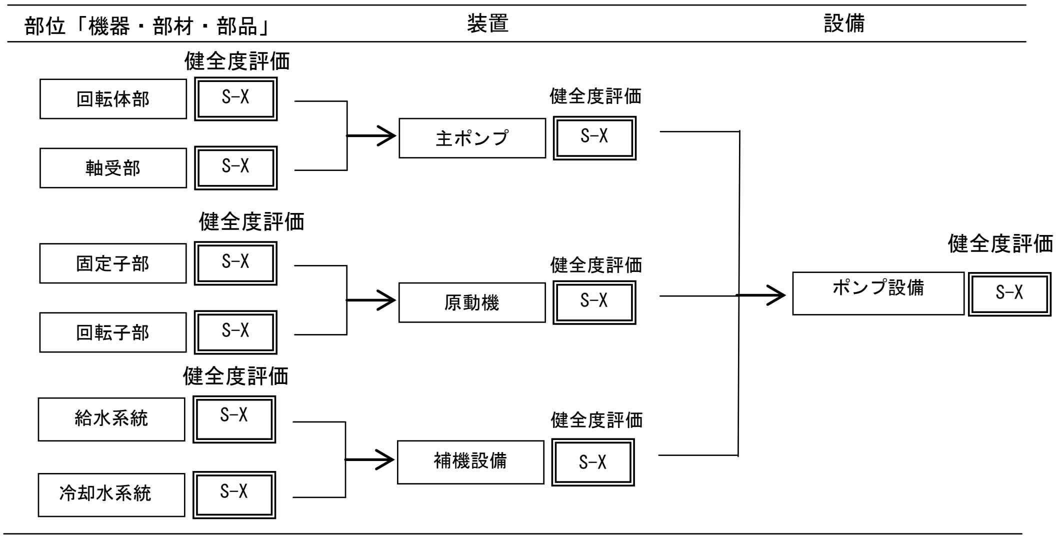


図3-2　ポンプ設備の健全度評価の考え方の例

表3-3　劣化の影響度

劣化の影響度（ランク）	A	B	C
調査項目の劣化内容が部位に及ぼす影響度	大	中	小

（１）部位毎の健全度評価の考え方

部位毎の健全度評価手法の基本的な考え方を以下に示す。

- 部位の健全度はＳ－５～Ｓ－２で評価を行い、Ｓ－５は新品同様、Ｓ－４は多少の劣化はみられるが摩耗等が判定基準又は許容値内で機能上の支障はない状態である。なお、重要部位における部品陳腐化などの入手困難性により、更新が必要な場合が考えられる場合はＳ－１評価を用いる。
- 判定基準値を超えたものは、Ｓ－３もしくは、Ｓ－２の判定とする。
- Ｓ－４と判定されたものは、機能保全計画策定のためにＳ－３に至るまでの期間（余寿命）を算定する。
- 予防保全の考え方として、Ｓ－３と判定された場合はそのまま放置せず、Ｓ－２に移行する前に対策を行うことが前提であるため、施設管理者への適切な指導・助言が必要となる。なお、Ｓ－３とＳ－２が混在する場合は、Ｓ－２を優先して対策の検討を行う。
- 異常音など、概略診断調査では原因が特定できない場合、健全度評価は行わず、詳細診断調査へ移行する。

このような基本的な考え方に基づいて、設備・装置・部位の健全度評価の考え方の例を**表3-4**に示す。（判定方法の考え方は次頁を参照）

表3-4　設備・装置・部位の健全度評価の考え方（標準例）

装置	機器	調査部位	部位の影響度	調査項目	劣化の影響度	健全度評価（部位）	健全度評価（装置）	設備の健全度
主ポンプ	主ポンプ	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S−4	S−3	S−3
		インペラ・主軸部	A	損傷、ひび割れ	A	S−4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S−3		
		軸封部	B	腐食、摩耗	B	S−2		
動力伝達装置	減速機	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S−4	S−3	
		歯車部	A	バックラッシ	A	S−3		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S−4		
主原動機	電動機	固定子部	A	破損、絶縁低下	A	S−4	S−4	
		回転子部	A	破損、絶縁低下	A	S−4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S−4		

経済性や修復性等も加味してできるだけ客観的にかつ総合的に評価する

部位の重要度等を考慮して評価する

※**図3-2**、**表3-4**の項目はイメージを表すため便宜的に代表的なものを記載。詳細は、**表2-7～9**に示す調査表の例を参照。

※上表は、維持管理費の経年増加や装置等の陳腐化による入手困難性が無い場合の例。

※劣化の影響度は、診断項目の劣化内容が部位にとってどの程度影響を及ぼすかを３ランク（Ａ：影響度大、Ｂ：影響度中、Ｃ：影響度小）に区分。

※軸受部は運転時間が設計時間を大幅に超えており、軸受部温度も80℃（許容値：周囲温度+40℃以下、最高75℃）と高いため、軸受交換が必要である。軸受部は部位の重要度Ａかつ劣化の影響度Ａであるので、これが主ポンプの健全度を決定している。（Ｓ－３）

※軸封部のグランドパッキンからの水漏れが激しく、調整が効かなくなっているので、グランドパッキンの変形が相当進んでいると推測し、交換が必要である。（Ｓ－２）

＜判定方法の考え方の例＞

部位の重要度、基準値の超過割合とその要因等を考慮しながら、対策の緊急性に応じてＳ－３、Ｓ－２の判断を行う。

例１）芯ぶれの測定において判定基準値を超えた場合（Ｓ－３）でも、振動や軸受の温度上昇が認められない場合は、Ｓ－３評価は行わず、Ｓ－４と判定する。

例２）接地抵抗測定の場合は判定基準値を超えた場合、事故による人体への影響が懸念されるので、Ｓ－３という評価は行わず、Ｓ－２と判定する。

例３）グランドパッキンの重要度はＣレベルであるが、劣化が著しい場合、そのまま放置しておくと、軸封部などの腐食やその他の機器類に影響を及ぼすため、他の機器類に影響が見られる場合には、Ｓ－２と評価し、取り替えを助言する。

（２）評価に当たっての留意点

定性的評価などで評価が困難な場合は、専門的な知見を有する者からの意見を活用することが有意であるが、特に基幹施設改修の要否に関わる判断につながる場合は、技術検討委員会を設けて検討するなど、客観的な評価に努める必要がある。

また、評価の対象部位をビデオや写真等に保存しておくことで、専門家の評価以外に今後のサンプルデータとしての活用も可能である。

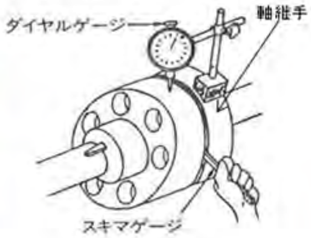
（３）判定基準

具体的な判定基準は、調査項目毎に参考資料編に示しているが、部位毎の判定基準の一例を図3-3に示す。

概略診断調査
詳細診断調査

○軸継手芯ぶれ・面ぶれ

スキマゲージによる測定



ダイヤルゲージによる測定

判定基準例

健全度	状 態	判断例
S-5	異常無し	異常がなく設置時と同等の値
S-4	軽微な変状がみられるが、支障は無い状態	面ぶれ、芯ぶれのいずれも許容値以下 （許容値：芯ぶれ 30/100mm以内、面ぶれ 16/100mm以内）
S-3	放置しておくと機能に支障がでる状態	面ぶれ、芯ぶれのいずれかが許容値を超える （許容値：芯ぶれ 30/100mm以内、面ぶれ 16/100mm以内）
S-2	機能に支障がある状態	面ぶれ、芯ぶれのいずれかが許容値を著しく超える状態（目安は許容値の2～3倍）かつ振動が基準値を超える状態

※許容値を超える場合が多いが、振動や温度測定の結果を組み合わせて総合的に判断する必要がある。

図3-3　軸継手芯ぶれ・面ぶれ測定と判定基準の例

第４章　機能保全計画

４．１　機能保全計画の策定プロセス

機能保全計画では、設備を構成する装置・部位毎に、着目する性能管理指標が必要な範囲に留まるよう、その性能低下予測から技術的、経済的に実施可能と考えられる対応方策を複数仮定し、これらに要する機能保全コストを踏まえた計画を策定する。

【解説】

機能保全計画は、機能診断調査・評価の結果を踏まえ、可能な範囲で性能低下予測を実施したうえで作成することを基本とする。この際、着目する性能指標が検討対象期間に管理水準の範囲に留めることができるよう対応方針を複数仮定し、経済性等の比較検討を行うことで、適切な計画策定とすることが重要である。

なお、故障等の危険度が高く早急に対策を検討する装置・部位等や、危険度が低く事後保全を前提とした継続監視とする装置・部位等に判断されたものは、性能低下予測のプロセスを経ることなく機能保全対策の実施シナリオの作成検討を行うことを基本とする。

機能保全計画の策定までのプロセスは「**１．５　ポンプ設備の機能保全の流れ**」を参照。

４．２　性能低下予測

性能低下予測では、設備を構成する装置・部位毎に対策が必要となる時期や方法から設備全体としての対策実施の要否、その時期を明らかにし、比較検討するため、劣化特性や劣化予測の把握の可否を十分に踏まえて将来予測（余寿命予測）を行う。

【解説】

機能保全計画は、検討対象期間（診断時点より40年を基本）にわたって設備の性能を維持していくための計画である。機能保全計画を検討するに当たっては、設備全体としての性能低下予測を行うことが必要となるが、ポンプ設備は様々な部位で構成され、その耐用年数も多様であり、かつ余寿命管理を行うことが適さない部位などもあり、部位毎に個別評価する必要がある。

これらの個別評価結果をもとに設備としての余寿命を予測する場合は、重要度や劣化の影響度が高い部位の余寿命を参考に総合的に判断する必要がある。（例：ケーシングの余寿命が、支配的要因となる場合は、ケーシングの余寿命を設備の余寿命とするなど）図4-1に健全度と余寿命の関係を示す。

なお、余寿命は点検・整備の状態によって大きく影響を受け、評価された余寿命期間中、部位の性能が必ずしも満足されるわけではない。また、設備の性能管理レベルの範囲はＳ－３～Ｓ－５が原則であり、余寿命予測においてはＳ－３になるまでの期間の予測を行い、機能保全計画を立案する。このため、診断結果によりＳ－３以下と評価されたものについては、余寿命予測は行わず、劣化対策等の実施を前提とし、設備・部位の重要度や現場の状況等を考慮して劣化対策等の指導を行う。実施に当たっては、Ｓ－２評価の部位等の対策を優先する必要がある。

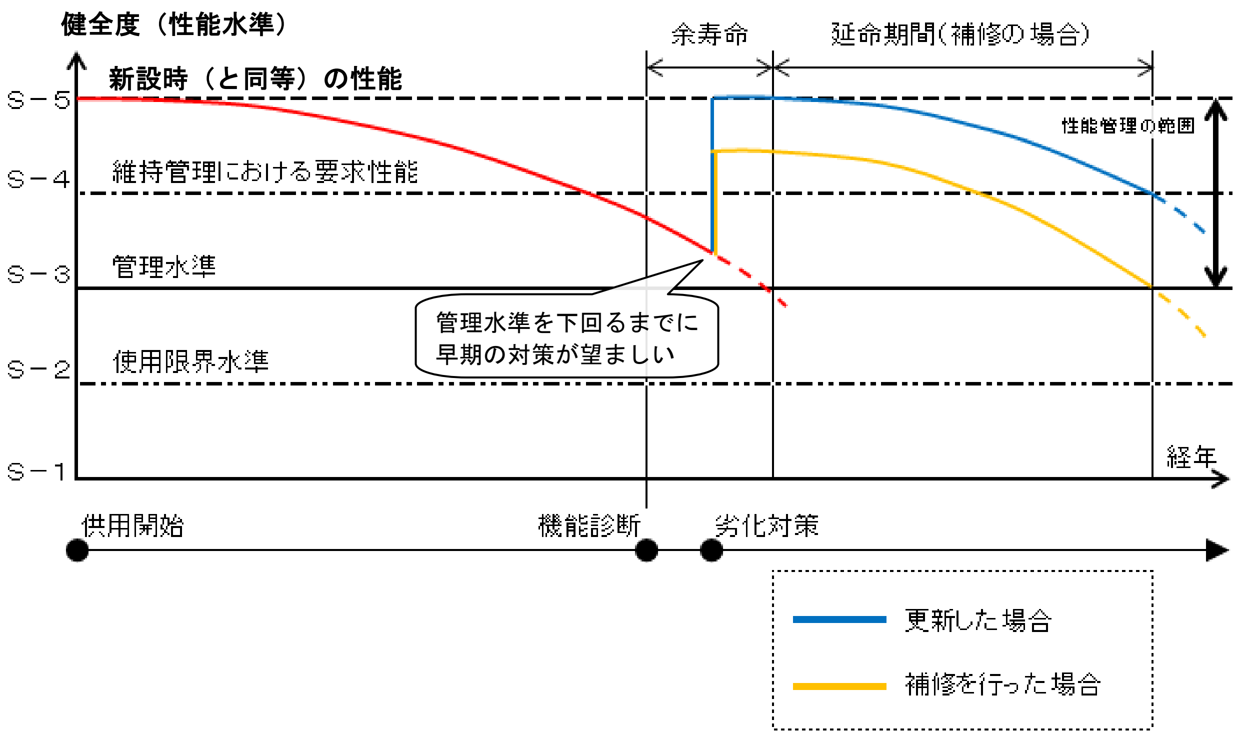
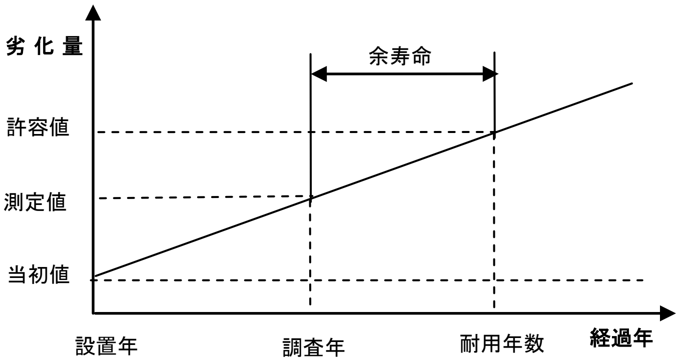


図4-1　健全度と余寿命

（１）詳細診断調査の測定結果等を用いた余寿命予測を用いる方法

経年的に徐々に劣化が進行する設備・機器について、対象とした調査部位の腐食や摩耗量等の進み具合などから許容値又は判定基準との対比を行い、余寿命を予測する。（例えば、20年で2mm進行したので、許容値3mmまでは30年(＝余寿命10年)という予測)

この手法で将来予測を行うと比較的正確に余寿命が算出できるが、余寿命を出すためだけに詳細診断調査を行うのはコスト面から現実的ではないため、健全度評価がＳ－５評価では、参考耐用年数や過去の整備履歴などを参考とするとよい。（図4-2参照）



注）許容値：設備の機能上、支障を及ぼさない程度の劣化量

図4-2　余寿命の概念

（２）参考耐用年数を用いる方法

現実的には、（１）のような手法で余寿命予測を行うことは困難であることが多い。そうした設備に対しては、目安として参考耐用年数を用いて予測している。しかし、施設の劣化状況は多種多様であり、一律に参考耐用年数を用いた場合、地区の実情にそぐわないケースも考えられるため、その地区での整備履歴や、診断結果及びエンジニアリングジャッジなどを加味し総合的に判断するとよい。

４．３　機能保全計画の策定

個別設備の機能保全計画の策定は、機能保全コストの最小化に着目するとともに、設備機能の維持、対策実施の合理性、設備重要度との適合性、維持管理の容易さ等を総合的に勘案し策定する。 また、設備を構成する装置・部位毎の重要度区分から対策実施の優先度及び保全方式の検討を行うことが重要である。

【解説】

機能保全計画策定時にチェックすべき事項を以下に示す。

（１）地区全体としての対策の妥当性

同一施設のコンクリート施設との対策時期の同期化を図ることは当然のことであるが、施設管理者が管理する地区全体の対策を確認し、年度実施計画や費用負担等の面から、妥当であるかどうかチェックし、実効性のある計画とする必要がある。

（２）設備の機能保全計画の留意点

設備の合理的な管理運用のためには、設備の機能が安定的に保たれ、これに要する機能保全コストが適正であることが重要である。

設備の健全度の低下を放置して、機能保全対策を実施しなければ機能保全コストは安価になるが、そのことにより設備の性能が低下して、農業生産に悪影響を及ぼすのみでなく、国民の生命・財産に影響を及ぼすようなことがあってはならない。

このため、設備のもつ機能を理解し、設備の重要度に応じた適切な機能保全計画を立案することが必要である。

（３）維持管理の費用の軽減と管理の容易さ

機能保全対策の実施により、維持管理の費用と労力が軽減され、ライフサイクルコストの低減に効果があるような対策（メンテナンスフリーの素材の活用等）が望ましい。

４．３．１　機能保全対策の検討に当たっての留意事項

機能診断評価結果を踏まえ、当面必要となる機能保全対策の検討や、劣化傾向等を把握し、将来的な対策検討を行う。また、シナリオ作成や具体的機能保全対策の検討に当たっては、土木構造物の保全対策時期等との調和を図り、信頼性、管理制約条件、社会的情勢等を勘案し総合的に検討する。

【解説】

ポンプ設備においては、適切な維持管理による性能管理が必要となるため、当面必要となる対策の検討の他に、将来的に必要となる対策の検討を行う必要がある。

また、具体的な検討に当たっては、河川流況や取水等により対策範囲や期間に制約を受けることが多いため、対策の施工性や仮設工事の範囲等を十分に考慮し、効率的かつ経済的な対策工範囲及び実施時期を設定する必要がある。

（１）当面必要となる対策の検討

当面必要となる対策とは、機能診断の結果を踏まえ速やかに行う必要がある対策のうち、直接的・具体的な対応が可能であるものをいう。具体的には、機能診断によりインペラギャップ（インペラとケーシングとの隙間）が基準値以上（Ｓ－３、Ｓ－２）となっていることが判明し、この劣化に対して必要となる対策が、当面必要となる対策である。

機能保全対策の検討に当たっては、まず、この当面必要となる対策について検討する必要がある。

なお、健全度評価の区分から、当面必要となる対策の検討が必要となるのは、主に機能診断評価結果がＳ－３以下と判断された場合であるといえるが、Ｓ－４以上の場合でも予防保全が必要なケースがあるので留意する。

これらの検討結果は、「**４．３．２　点検・整備計画**」に示す、点検・整備内容の指導に併せ、施設造成者が施設管理者に対して助言する必要がある。

（２）具体的な対策の検討手法

機能診断調査結果から個別に当面必要となる対策を検討できる場合は、その結果に基づき、対策を検討する。

しかし、これまでの診断が、概略診断調査や一部の詳細診断調査に留まっている場合等においては、調査精度が低いことから、当面必要となる対策を立案できない場合がある。このような場合は、他地区事例を参考とした標準的な対策を計画するなど工夫するとよい。

（３）対策工範囲の検討

ポンプ設備は多数の機器・部品から構成された集合体であり、これらが相互に有機的に機能してはじめて設備全体が正常に機能する。よって機能低下した機器・部品等のみを対策の対象とするのではなく、設備全体の機能維持・性能・回復を図る観点から対策の範囲を検討する必要がある。

劣化対策の範囲として、施設、設備、装置、機器・部材、部品の各階層を対象に検討する必要があり、部品単位で交換すれば十分な場合もあるが、機器・部材単位で交換する方が作業は容易で信頼性が高く、延命化や経済性に結びつくこともあり留意が必要である。

（４）長寿命化の検討

長寿命化とは、一般の耐用年数を超えて供用期間を延長させることをいい、装置、機器・部材及び部品の機能保全対策により、設備全体の延命化を図ることが必要である。機能保全対策を検討する際、長寿命化は当然考慮すべきものだが、経済性や技術的な整合等に留意して検討する必要がある。（図4-3参照）

【参考】対策実施のシナリオ作成手順の例

① 本ポンプ場の機能保全の検討対象期間を40年とする。

② ポンプ場は複合施設であることから土木構造物と保全対策の同期化等を考慮し、対策工法を検討する。

③ ポンプ設備の部位毎の劣化対策を組み合わせて最適案を作成する。

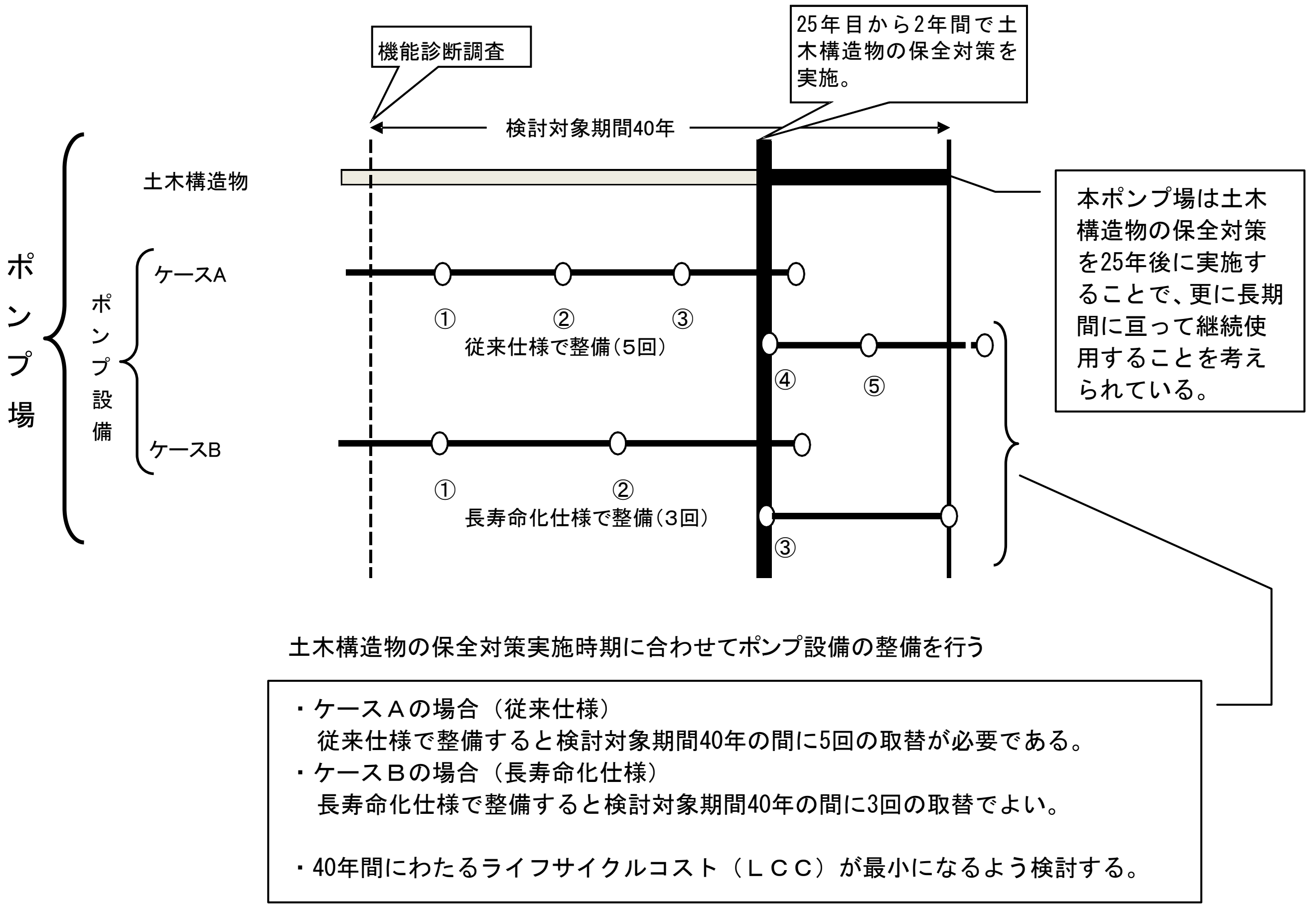


図4-3　シナリオ検討手順のイメージ

４．３．２　点検・整備計画

> ポンプ設備の機能保全においては、施設管理者が実施する点検との関連が非常に重要となる。日常管理上の問題点を踏まえたうえで点検・整備内容について適確に指導・助言することが必要である。

【解説】

（１）合理的な点検・整備計画施設監視（継続監視）計画の立案

ポンプ設備などの施設機械設備の維持管理においては、施設管理者が行う定期点検が極めて重要であり、機能保全を進めていくうえでも、定期点検といかに関連できるかが鍵となる。

診断結果をもとに、Ｓ－３、Ｓ－２と評価された部位などの、整備・補修に関する助言、維持管理方法等に関する助言を行い設備の機能維持を図るとともに、今後の定期点検についても助言を行い合理的な点検を確実に実施することで、機能診断調査の合理化が図られ、常に最新の設備の状況を把握することが可能になる。

このため、施設機械設備においては、施設管理者が行う定期点検・整備計画も含めた機能保全計画を検討することを念頭におき、各地区の日常管理上の問題点を把握したうえで、各ケースに応じた指導・助言を行う必要がある。例えば維持管理コストに原因があり、十分な管理が行われていない場合などは、**「１．３　ポンプ設備の機能保全」**に示すとおり、設備・部位等の重要度や稼働形態などを考慮し、合理的な保全方式の選択や、点検項目・点検周期の検討を行って、効率的な点検整備計画を助言する。

年間点検計画の作成例及び機能保全計画設備監視計画の作成例を**表4-1**及び**表4-2**に示す。

なお、土地改良施設管理基準（用水機場編）及び（排水機場編）、基幹水利施設指導点検・整備マニュアル（揚水機場編）及び（排水機場編）、設備の完成図書等による適切な維持管理を行っており、日常管理に問題がない場合も点検・整備内容がオーバースペックになっていないかなど、必要に応じて、適切な助言を行う。

表4-1　重要度と稼働形態を加味した年間点検計画の作成例

設備の重要度区分＼月			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	点検周期の例
重要度高	常用系	かんがい期						●	●	●	●	●			毎月1回
		非かんがい期	◎	○	○	○	○						○	○	毎月1回
	待機系	出水期						○	○	○	○	○			毎月1回
		非出水期	◎		○		○						○		1回/2ヶ月に延長
重要度中	常用系	かんがい期							●		●				1回/2ヶ月に延長
		非かんがい期	◎		○		○						○		1回/2ヶ月に延長
	待機系	出水期						○		○		○			1回/2ヶ月に延長
		非出水期	◎			○									1回/3ヶ月に延長
重要度低	常用系/待機系		◎												必要に応じて実施

常用系：用水（かんがい）ポンプや常時排水ポンプ　　凡例：◎年点検、○管理運転点検、●運転時点検

待機系：洪水時排水ポンプ　　注）年点検の時期は地域の実情に応じて決定する。

> 【ポイント】　時間計画保全や状態監視保全による設備の保全を図る場合は特に、このような定期点検の記録が極めて重要な資料となり、データの蓄積を行うことでより精度の高い健全度評価や、合理的な保全計画を立てることが可能になるため、確実な実施が望まれる。

表4-2　機能保全計画設備監視計画の作成例

設備・部位	監視内容・項目	監視頻度	監視の留意事項	監視実施者	異常時の措置	次回診断予定時期
１号ポンプ	動作確認	日常	異常音や軸受部の異常な温度・振動がないことを確認する。	○○改良区○課○係	指導技術者に連絡	2015年
２号ポンプ	ケーシング部	６ヶ月	○○については重点的に監視する	特別指導事業を実施している指導技術者	メーカーに連絡	〃
３号ポンプ		12ヶ月				

※監視内容・項目、監視の留意事項や異常時の措置は具体的な判断基準と、その場合の措置について記載する。

（２）点検の種類

点検とは、設備・機器の異常・故障・疲労・劣化などによる機能損失の有無、性能低下の確認などのために実施する目視・聴覚・嗅覚・打診・触診及び簡単な器具や測定機器を用いた計測・動作確認等、それを記録することをいい、主として分解を伴わない対象設備・機器への直接的な作業である。ポンプの「管理運転」等も、機能を確認する為の作業であり点検の一部として取り扱う。

点検には、基本的に以下のとおり「日常点検」、「定期点検」及び「臨時点検」の3種類がある。

１）日常点検

日常点検とは、始動前、始動中、運転中に実施する異常の有無確認や、見回り点検による第三者事故の防止等を目的として、日常又は１ヶ月未満のサイクルで実施する点検をいう。

２）定期点検

定期点検には、「年点検」や「管理運転点検」（表1-9参照）等があり、設備等の状況把握並びに機能保全を図るため、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で実施する。

洪水時ポンプなどの待機系の設備は、管理運転を実施し機能を確認することが必要となる。年点検は、打診・触診・聴診及び計測等による診断を中心とした方法によるが、できるだけ定量的な点検方法により機能を確認するのが望ましい。なお、管理運転を実施して機能損失の有無を確認するものとし、特に、前回の点検結果との相違についても注意して実施すべきである（傾向管理の実施）。

３）臨時点検

臨時点検は、水質や設備に異常が生じた際や、地震、洪水、落雷等により設備機能への影響が懸念された場合に実施する点検で、目視点検を中心に、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で、設備全般について点検を実施する。

（３）整備

設備の機能を常に発揮できるよう準備を整えることをいい、予防保全のため又は点検の判定結果に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂・部品交換、修理等の作業並びにその記録を行う。

（4）傾向管理

傾向管理は施設機械設備の劣化判定方法の一つで、機器・部品等の状態を経時的に監視・計測して、その傾向の変化より機器の劣化進行を把握する方法である。計測値の経年変化をグラフ上にプロット（傾向管理グラフ）し、劣化の進行具合を予測し、整備・補修又は更新（取替）時期を検討する。

ポンプ設備における傾向管理項目は、「わかりやすい土地改良施設管理入門(全国土地改良事業団体連合会）用水ポンプ編、排水ポンプ編」に掲載されているものを表4-3に示す。

１）測定項目と測定周期

①傾向管理の項目(用水ポンプ及び排水ポンプ)

表4-3　傾向管理項目（用水ポンプ及び排水ポンプ）

機器名	測定項目	測定方法	測定周期	傾向管理グラフによるデータの評価
主ポンプ	振　動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	軸受温度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	周囲温度+40℃以下で安定していること
	吐出し圧力	ポンプ付属の圧力計	施設管理者にて定める	吐出し圧力、水位により専門家がポンプ性能低下などを評価する
	吸・吐水位	機場設置の水位計	施設管理者にて定める	規定水位値で安定していること
電動機	振　動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	温　度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	絶縁抵抗	絶縁抵抗計	1年に1回程度	判定値以上で安定していること
歯車減速機	振　動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	潤滑油圧力	付属の圧力計	施設管理者にて定める	規定圧力で安定していること
	潤滑油温度	付属の温度計	施設管理者にて定める	75℃以下で安定していること
	軸受温度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	周囲温度+40℃以下で安定していること

②測定周期

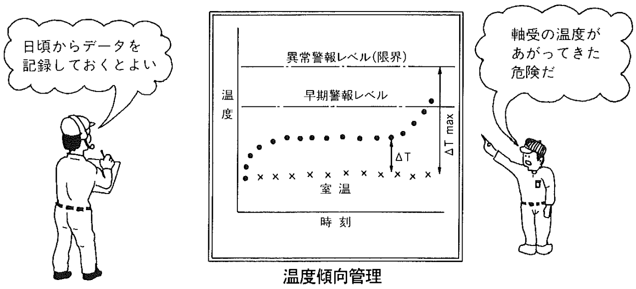
測定周期は定期的（例えば1～2ヶ月に1回程度）とするのが望ましいが、施設の用途によりポンプ運転時間が異なるため施設の条件に合わせて設定する必要がある。また、平常時の記録を管理しておき、測定値に大きな変動が認められれば測定周期を短くするなどの対応も必要である。なお、測定に当たっては測定場所や運転時間、回転速度、吐出し量等の測定時のポンプの運転状況等をあらかじめ決めて測定する等、測定時の条件が同じになるよう留意する。

２）傾向管理手法

点検項目は、機能診断時の数値のみで劣化度合いを判定することは困難であることから、過去の点検記録から得られた計測結果をグラフ等に表して時系列変化(=経年変化)状況（傾向管理グラフ）から、劣化の進行度合いを経験則的に想定し、整備・更新時期等を決定する。

３）傾向管理グラフ作成例

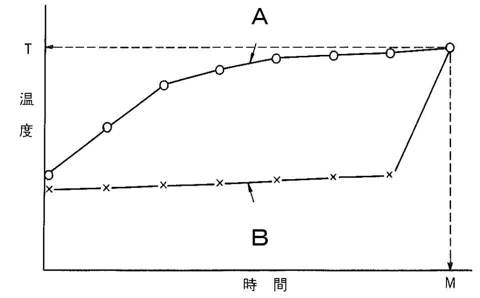
傾向管理グラフが許容値以下で安定した傾向を示していれば正常運転でありグラフに異常な変化が現れた場合は、故障が近づいているおそれがあるので適切な対応が必要である。



温度傾向管理

傾向管理グラフの見方について一例を示す。

軸受温度がある時期Ｍにおいて、温度がＴを示した場合は、その履歴がＡの場合は特に問題ないが、Ｂの場合は何等かの異常が発生しているおそれがあり、整備が必要と判断される。



（５）合理的な点検

点検を合理的に実施するためには、設備の構成機器とその故障の発生原因を整理し、点検項目を決める必要がある。年点検では、部位の重要度Ａ、Ｂ（**「１．３ ポンプ設備の機能保全」**参照）とされた機器（予防保全適用）を中心に、部位の重要度Ｃの機器についてもその状態を把握し、かつ突発的に発生する故障・劣化等により設備の性能が低下していないかを確認するとともに、場合によっては計測による傾向管理を実施し、整備の実施時期の検討に活用するものとする。

また、設備の重要度等を勘案し、点検項目・内容・点検整備の間隔などの検討を行うものとする。

４．３．３　関係機関との合意形成

機能保全コストの比較により算定された最適なシナリオを基本に、関係者（施設管理者、関係行政機関等）の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、機能保全計画を策定する必要がある。

【解説】

機能保全計画の策定に当たっては、実効性のある計画とするため、関係機関との協議が不可欠である。

特に、多大な費用負担や点検頻度を伴うシナリオを策定する場合などは、施設管理者と十分に協議を行ったうえで、策定する必要がある。また、対策の実施に先駆け、どのような事業で取り組むかをある程度想定したうえで、関係機関と協議しつつシナリオを策定することで、対象地区や施設における劣化対策対象設備のグルーピングや予算手当の検討を、よりスムーズに行うことが可能となる。

用語集

本手引きで扱う主な用語の定義は以下のとおりである。

「点　　検」：設備・機器の機能、状態等をひとつひとつ目視、計測等によりチェックを行って、不良・異常箇所を調べ、それを記録することをいう。

「日常点検」：日毎又は１カ月未満のサイクルで行う点検で、始動条件の確認と連続運転性能の確保を目的として設備の運転に際しての異常の有無を確認するため実施するものをいう。

「整　　備」：設備の機能をつねに発揮できるよう準備を整えることをいう。損傷予防のため、又は点検の判定に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂・部品交換、修理等の作業並びにその記録を行う。

「点検整備」：点検及び整備を一貫して行うことをいう。

「保　　守」：設備・機器の正常な状態を保つために実施する清掃、調整、給油脂、部品交換、修理等の作業並びにその記録を行うことで、「整備」よりも軽微なものをいう。

「保　　全」：施設、設備をその使用期間において適正な状態に保つことをいい、このために必要な点検・整備、補修、長寿命化に資する整備等の全ての行為を含む。

「劣　　化」：品質や性能が悪くなることをいう。

「劣化要因」：設備・機器の劣化又は故障に至らしめる種々のパラメータを一般にストレスと称する。このストレスを設備・機器のサイドから見て、劣化要因という。

「経年劣化」：物理的劣化と時代的劣化の両方を合わせたものをいう。経年劣化は総合的な利用価値の低下を意味する。

「陳 腐 化」：古くさくなることをいう。例えば、修理・交換が従前の機器では困難となること。

「老 朽 化」：設備・機器が使用年限を超過し、経年劣化等により役立たなくなることをいう。

「機　　能」：もののはたらき。機械設備では、機械に備わった能力をいう。

「機能低下」：施設・設備・機器等の機能が設置当初に比べて低下することをいう。

「故　　障」：機器・部品において劣化や地震、風水害、雷等の外的要因による異常、不調が生じ、機能が円滑に働かなくなることをいう。

「交　　換」：劣化した機器・部品を補修用機器・部品に取り替えることをいう。

「修　　理」：劣化又は破損した部位、部材（部品）等の性能・機能を実用上支障のない状態まで回復させるよう、部品交換等の必要な処置を行い、直すことをいう。「修繕」と呼ぶこともある。

「補　　修」：故障、破損した機器・部品を交換、修理により補いつくろうことをいう。

「改　　造」：設備・装置・機器等を作り直すことで、機能的な変更を伴うものをいう。

「寿　　命」：機器・部品等が壊れずに使用に耐えて働く期間をいう。

「余 寿 命」：診断した時点から、機器・部材、部品の機能･性能が許容範囲内であると判断される期間をいう。

「耐用年数」：設備の経済的な検討における設備個別又は全体システムの現実的な推定使用

年数をいう。

「参考耐用年数」：設備・装置等を標準状態で使用し、使用開始から、機能、安全性、操作性等について問題が生じ、取り替えが必要となるまでの期間である。

「使用年数」：本手引き中では当該施設の使用開始年から、廃止までの期間をいう。

「更　　新」：施設あるいは設備全体又は一部を新しいものに取り替えることをいう。劣化した機器・部品を修理・交換するよりも全体を取り替えた方が経済的な場合や、施設・設備の機能が時代、社会状況等にそぐわなくなった場合等に更新が行われる。更新には「リプレース」と「リニューアル」のふたつの形態がある。

参考文献

『土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」』（農村振興局整備部設計課）

『農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き』（農村振興局整備部設計課）

『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（揚水機場編）』
（構造改善局総務課施設管理室）

『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（排水機場編）』
（構造改善局総務課施設管理室）

『わかりやすい土地改良施設管理入門　用水ポンプ編』（全国土地改良事業団体連合会）

『わかりやすい土地改良施設管理入門　排水ポンプ編』（全国土地改良事業団体連合会）

『土地改良施設管理基準（用水機場編）』（農村振興局整備部水利整備課）

『土地改良施設管理基準（排水機場編）』（農村振興局整備部水利整備課）